

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Oktober 2004 (21.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/089748 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B64C 27/33**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2004/003643**

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. April 2004 (06.04.2004)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
103 16 095.7 8. April 2003 (08.04.2003) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **EUROCOPTER DEUTSCHLAND GMBH**
[DE/DE]; Industriestrasse 4, 86609 Donauwörth (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BECKER, Gerold**
[DE/DE]; Aufkirchner Strasse 10A, 82216 Maisach (DE).

PFALLER, Rupert [DE/DE]; Waldparkstrasse 39c,
85521 Riemerling (DE).

(74) Anwalt: **DUSCHEK, Horst**; EADS Deutschland GmbH,
Patentabteilung, 81663 München (DE).

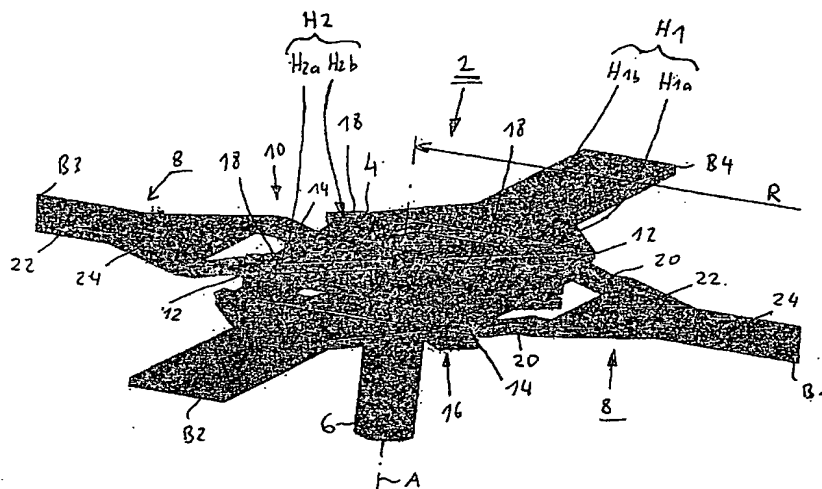
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **ROTOR AND GYROCOPTER WITH SAID ROTOR**

(54) Bezeichnung: **ROTOR SOWIE DREHFLÜGELFLUGZEUG MIT EINEM DERARTIGEN ROTOR**



(57) Abstract: The invention relates to a rotor comprising at least one rotor blade (B1, B2, B3, B4; B5) that can be attached to the rotor head (2), which has a blade neck (8) with a virtual flapping hinge in the form of an angularly flexible, elastic blade neck section, wherein two auxiliary flapping hinges (H1, H2) are provided in a blade connecting area (12, 14; 16; 30, 32) of the blade neck (8), said auxiliary flapping hinges being paced from one another in radial longitudinal direction of the rotor blade (B1, B2, B3, B4, B5) relative to a radius of a rotor (R). The virtual flapping hinge is substantially arranged between said auxiliary flapping hinges. The blade neck (8) is deformable in an angularly flexible and arched manner in-between the two auxiliary flapping hinges. The invention relates to a gyrocopter, more particularly a helicopter, especially a tilt rotor helicopter, having at least one said rotor.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/089748 A1



ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- mit geänderten Ansprüchen und Erklärung

(57) Zusammenfassung: Rotor, umfassend mindestens ein an einen Rotorkopf (2) anschliessbares Rotorblatt (B1, B2, B3, B4; B5), welches über einen Blatthals (8) mit einem virtuellen Schlaggelenk in Form eines biegeweichen, biegeelastischen Blatthalsabschnitts verfügt, wobei in einem Blattanschlussbereich (12, 14; 16; 30, 32) des Blatthalses (8) zwei bezogen auf einen Rotorradius (R) in radialer Längsrichtung des Rotorblattes (B1, B2, B3, B4; B5) voneinander beabstandete Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) vorgesehen sind, zwischen denen im Wesentlichen das virtuelle Schlaggelenk angeordnet ist und zwischen denen der Blatthals (8) bei einer Schlagbewegung biegeelastisch und bogenförmig deformierbar ist. Drehflügelflugzeug, insbesondere ein Hubschrauber, insbesondere ein Kipprotorhubschrauber, mit mindestens einem solchen Rotor.

Rotor sowie Drehflügelflugzeug mit einem derartigen Rotor

5 TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Rotor sowie ein Drehflügelflugzeug, insbesondere einen Hubschrauber, mit einem derartigen Rotor.

10 STAND DER TECHNIK

Die auftriebserzeugenden Rotorblätter eines Rotors eines Drehflügelflugzeugs, insbesondere eines Hubschraubers, werden während des laufenden Betriebs des Rotors insbesondere durch Schlag- und Schwenkbewegungen in verschiedenen
15 Richtungen ausgelenkt und dadurch stark belastet. Rotorblätter werden heutzutage überwiegend aus Faserverbund-Werkstoffen hergestellt.

Bei einem lagerlosen Rotor gemäß dem Stand der Technik, wie er in Fig. 14 gezeigt ist, sind lagerlose Rotorblätter üblicherweise über eine Rotorkopfplatte am
20 Rotorkopf befestigt. Die Rotorkopfplatte hat entsprechend der Anzahl der Rotorblätter ausgebildete rotorkopfseitige Blattanschlüsse, die jeweils mit einem Strukturelement eines Rotorblattes verbunden sind. Dieses Strukturelement 142 ist an einem bezogen auf den Rotorkreis radial inneren Ende des Rotorblattes, d.h. dem zum Rotorkopf weisenden Ende, ein rotorkopfseitiger Blattanschluss 144
25 ausgebildet, der eine Verbindung zum Rotorkopf ermöglicht. Der Übergang von diesem Blattanschluss 144 zu den auftriebserzeugenden Rotorblattbereichen ist als ein Blatthals 146 ausgebildet. Das Strukturelement 142 überträgt das Antriebsdrehmoment vom einem Rotormast und dem Rotorkopf auf das Rotorblatt. Ferner überträgt das Strukturelement 142 die Fliehkräfte des
30 Rotorblattes auf den Rotorkopf. Damit das Strukturelement 142 separat gefertigt bzw. bei Beschädigung ausgetauscht werden kann, wird oft eine separate

Trennstelle zwischen dem Strukturelement 142 und dem Rotorblatt eingebaut. Der auftriebserzeugende Rotorblattbereich erstreckt sich von dieser Trennstelle bis zum äußersten Ende, d.h. bis zur Blattspitze des Rotorblattes. Als Trennstelle dienen zum Beispiel jeweils mindestens zwei Bolzen, die an den blatt- und rotorkopfseitigen Blattanschlüssen angreifen. In der Fig. 14 ist das Rotorblatt im des rotorkopfseitigen Blattanschlusses 144 über zwei Bolzen 148 am Rotorkopf angeschlossen. Über die Bolzen 148 werden die Fliehkräfte und das Schwenkmoment abgetragen. Das Schlagmoment wird ebenfalls über diese Bolzen 148 abgetragen, meist unterstützt durch eine obere und untere Auflagefläche des Strukturelements 142 auf der Rotorkopfplatte.

Der Blatthals 146 des Strukturelements 142 eines lagerlosen Rotorblattes, der in dem vorliegenden Fachgebiet auch als Flexbeam bezeichnet wird, und mit einer sog. Steuertüte 150 verkleidet ist, besitzt üblicherweise einen schwenkweichen Bereich, der Bewegungen des Rotorblattes in Schwenkrichtung zulässt. Somit bildet der schwenkweiche Bereich eine fiktive, vertikal orientierte Achse (auch virtuelles Schwenkgelenk genannt), um welche das Rotorblatt Schwenkbewegungen nach vorn und hinten ausführt. Ferner weist der Blatthals 146 des Strukturelements 142 üblicherweise einen schlagweichen Bereich auf, der ein Schlagen des Blattes in vertikaler Richtung ermöglicht. Somit bildet der schlagweiche Bereich eine fiktive, horizontal orientierte Achse (auch virtuelles Schlaggelenk genannt), um welche das Rotorblatt Schlagbewegungen nach oben und unten ausführt. Der Abstand von der Rotorachse des Rotormastes bis zum virtuellen Schlaggelenk bis als Schlaggelenksabstand bezeichnet.

Bei einem lagerlosen Rotor ist dieser Schlaggelenksabstand relativ groß. Der Schlaggelenksabstand liegt z.B. bei etwa 8 bis 12% des Rotorkreisradius, gemessen von der Rotorachse des Rotormastes in radialer Richtung nach außen zur Blattspitze hin. Ein großer Schlaggelenksabstand eines lagerlosen Rotors führt im Betrieb zwar einerseits zu einer hohen Steuerfolgsamkeit und Wendigkeit des Hubschraubers, andererseits aber insbesondere zu einer hohen Schlageigenfrequenz. Diese relativ hohe Schlageigenfrequenz und die daraus

resultierenden Vibrationen beim lagerlosen Rotor sind nachteilig für die Flugeigenschaften des Hubschraubers und führen zu hohen Belastungen des Blattanschlusses 144 und des Blatthalses 146. Blattanschluss 144 und Blatthals 146 müssen deshalb entsprechend stark dimensioniert sein, um der den
5 auftretenden Beanspruchung zu widerstehen. Bei herkömmlichen Hubschrauberrotoren wird aus diesen Gründen eine niedrige Schlag- und Schwenkeigenfrequenz angestrebt.

10 Infolge der hohen Belastungen des Rotorblattes beim lagerlosen Rotor und der damit zu gewährleistenden Festigkeit des Rotorblattes ist es äußerst schwierig, den Schlaggelenkabstand zu reduzieren bzw. unter einen bestimmten Wert zu bringen. Ein geringer Schlaggelenkabstand würde bei konventionellen lagerlosen Rotoren die Haltbarkeit und Lebensdauer des jeweiligen Rotorblattes erheblich reduzieren, was natürlich nachteilig oder sogar gefährlich ist. Andererseits wäre für
15 diverse Einsatzzwecke ein niedriger Schlaggelenksabstand jedoch erstrebenswert, da Hubschrauber mit derartigen Rotorblättern von Piloten, Besatzung und Fluggäste als komfortabler empfunden werden.

Bei speziellen Rotoren, wie z.B. Kipprotoren (sog. Tilt-Rotoren) von
20 Kipprotorhubschraubern bzw. -flugzeugen wird aus diversen Gründen ein besonders schwenksteifer Rotor gefordert.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

25 Der Erfindung liegt die Aufgabe beziehungsweise das technische Problem zugrunde, einen Rotor für ein Drehflügelflugzeug zu schaffen, der verbesserte Flugeigenschaften, einen erhöhten Flugkomfort sowie eine erhöhte Sicherheit und Zuverlässigkeit gewährleistet und der in mindestens einer Ausführungsform auch als Kipprotor für ein Kipprotor-Drehflügelflugzeug geeignet ist. Ferner soll ein
30 Drehflügelflugzeug mit einem derartigen Rotor bereitgestellt werden.

Diese Aufgabe wird gelöst durch einen erfindungsgemäßen Rotor mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

- Dieser Rotor umfasst mindestens ein an einem Rotorkopf anschließbares
- 5 Rotorblatt, welches über einen Blatthals mit einem virtuellen Schlaggelenk in Form eines biegeweichen, biegeelastischen Blatthalsabschnitts verfügt, wobei in einem Blattanschlussbereich des Blatthalses zwei bezogen auf einen Rotorradius in radialer Längsrichtung des Rotorblattes voneinander beabstandete Schlag-
- 10 Schlaggelenke vorgesehen sind, zwischen denen im Wesentlichen das virtuelle Schlaggelenk angeordnet ist und zwischen denen der Blatthals bei einer Schlagbewegung biegeelastisch und bogenförmig deformierbar bzw. zusätzlich deformierbar ist. Je nach Ausgestaltung des Blatthalses kann dieser hierbei eine symmetrische oder asymmetrische Biegelinie aufweisen.
- 15 Die Achsen oder scheinbaren Achsen der Schlag-Hilfsgelenke verlaufen vorzugsweise im Wesentlichen parallel zu der konstruktiven bzw. natürlichen Schlagachse des Rotorblattes. Das heißt, die Achsen der Schlag-Hilfsgelenke erstrecken sich vorzugsweise im Wesentlichen parallel zu der durch das virtuelle Schlaggelenk gebildeten Schlagachse. Die beiden Schlag-Hilfsgelenke bilden eine
- 20 Art Zweipunktlager, welches den Blatthals an zwei in radialer Richtung des Rotorblattes voneinander beabstandeten Stellen gelenkig bzw. scheinbar gelenkig abstützt. Die Schlag-Hilfsgelenke können zumindest teilweise in Differentialbauweise und/oder als integraler Bestandteil des Rotorblattes und/oder des Rotorkopfes bzw. dessen Komponenten ausgeführt sein.
- 25 Die erfindungsgemäße Lösung gestattet es, einen Rotor, insbesondere einen sog. gelenk- und lagerlosen Rotor bereitzustellen, bei dem das oder die Rotorblätter biegeweich und mit einem geringen und gegenüber vorbekannten lagerlosen Rotoren erheblich reduzierten virtuellen Schlaggelenksabstand an den Rotorkopf
- 30 bzw. Rotormast angeschlossen werden können. Dadurch ist es möglich, die Flugeigenschaften eines mit einem solchen Rotor ausgestatteten Drehflügelflugzeugs zu verbessern und den Flugkomfort erheblich zu erhöhen.

- Der erfindungsgemäße Rotor weist darüber hinaus geringere Vibrationen als konventionelle lagerlose Rotoren auf, was sich wiederum positiv auf die Flugeigenschaften und den Komfort des Drehflügelflugzeugs auswirkt und die Belastungen des Blattanschlusses und des Blatthalses eines jeweiligen
- 5 Rotorblattes reduziert. Es ist deshalb nicht notwendig, den Blattanschlussbereich des Rotorblattes so stark wie bei einem konventionellen lagerlosen Rotorblatt zu dimensionieren, weil die auftretenden Kräfte und Momente vorteilhafter und günstiger abgesetzt werden können. Das Gewicht des Rotorblattes und damit wiederum das Gesamtgewicht des Rotors kann folglich reduziert werden.
- 10
- Durch die zwei Schlag-Hilfsgelenke, die, wie nachfolgend noch näher erläutert werden wird, auch lastabtragende Funktionen übernehmen können und hierbei eine Redundanz gewährleisten, wird bei dem erfindungsgemäßen Rotor zudem die Ausfall- und Versagenswahrscheinlichkeit erheblich gesenkt. Für den Rotor
- 15 kann somit eine fail-safe-Konstruktion verwirklicht werden. Trotz des geringen Schlaggelenkabstands besitzt der erfindungsgemäße Rotor eine hohe Haltbarkeit und Lebensdauer. Anders als beim Stand der Technik ist zudem eine separate Trennstelle zwischen dem Blattanschluss und dem Rotorblatt nicht erforderlich. Das erfindungsgemäße Rotorkonzept lässt sich für Rotoren mit einem oder
- 20 mehreren Rotorblättern und einer geraden oder ungeraden Rotorblattzahl realisieren.
- Der erfindungsgemäße Rotor ist aufgrund der Tatsache, dass er sowohl mit einem kleinen Schlaggelenksabstand als auch bei Bedarf mit sehr schwenksteifen
- 25 Rotorblättern ausführbar ist, besonders bei Kipprotor-Drehflügelflugzeugen von großem Vorteil. Denn bei einem Kipprotor muss das virtuelle Schlaggelenk möglichst zentral angeordnet sein, d.h. der Schlaggelenksabstand sollte idealerweise bei 0% liegen. Diese Forderung kann der erfindungsgemäße Rotor voll erfüllen. Nur so lassen sich auch die ansonsten beim Schlagen des Rotorblattes
- 30 aus den Corioliskräften entstehenden Schwenkverformungen vermeiden. Bei einer schwenksteifen Konstruktion des Rotors und ungeminderter Corioliskraft

könnte es hingegen unmöglich werden, die Festigkeit des Rotors zu gewährleisten.

- Weitere bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungsmerkmale des
5 erfindungsgemäßen Rotors sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 32.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird des weiteren gelöst durch ein erfindungsgemäßes Drehflügelflugzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 33.

- 10 Diese Drehflügelflugzeug besitzt im Wesentlichen die gleichen Vorteile, wie Sie bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Rotor beschrieben wurden. Insbesondere kann dieses Drehflügelflugzeug besonders vorteilhaft als Kipprotorhubschrauber ausgeführt werden.
- 15 Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung mit zusätzlichen Ausgestaltungsdetails und weiteren Vorteilen sind nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben und erläutert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

20

Es zeigt:

- Fig. 1 eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer ersten Ausführungsform;
- 25 Fig. 2 eine schematische, stark vereinfachte Seitenansicht des Rotors von Fig. 1 mit der Darstellung eines einzelnen Rotorblattes, wobei der scheinbare Schlaggelenkabstands gleich Null ist;
- 30 Fig. 2a eine zu der Fig. 2 analoge Darstellung für einen scheinbaren Schlaggelenkabstand kleiner Null;

- Fig. 2b eine zu der Fig. 2 analoge Darstellung für einen kleinen scheinbaren Schlaggelenkabstand größer Null;
- 5 Fig. 3 eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer zweiten Ausführungsform;
- Fig. 4 eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer dritten Ausführungsform;
- 10 Fig. 5 eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer vierten Ausführungsform;
- Fig. 6 eine schematische Perspektivansicht eines Blattanschlussbereichs eines Rotorblattes eines erfindungsgemäßen Rotors gemäß einer
15 fünften Ausführungsform;
- Fig. 7 eine schematische, perspektivische Draufsicht auf den erfindungsgemäßen Rotor gemäß der fünften Ausführungsform;
- 20 Fig. 8 eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer sechsten Ausführungsform;
- Fig. 9 eine schematische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer siebten Ausführungsform;
- 25 Fig. 10 eine schematische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer achten Ausführungsform;
- Fig. 11 eine schematische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor
30 gemäß einer neunten Ausführungsform;

Fig. 12 eine schematische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer zehnten Ausführungsform;

5 Fig. 13 eine schematische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer elften Ausführungsform;

Fig. 14 eine schematische Perspektivansicht eines wesentlichen Bereichs eines Rotorblattes eines lagerlosen Rotors gemäß dem Stand der Technik.

10

DARSTELLUNG VON BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

In der nachfolgenden Beschreibung und in den Figuren werden zur Vermeidung von Wiederholungen gleiche Bauteile und Komponenten auch mit gleichen
15 Bezugszeichen gekennzeichnet, sofern keine weitere Differenzierung erforderlich ist.

Fig. 1 zeigt eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen, gelenklosen Rotor gemäß einer ersten Ausführungsform.
20 Der Rotor umfasst einen Rotorkopf 2 mit einem plattenförmigen, vierarmigen und in Schlagrichtung biegeweichen Rotorstern 4, der drehfest an einem Rotormast 6 angreift und als Drehmomentenübertragungselement dient, sowie vier gleichartig ausgestaltete Rotorblätter B1, B2, B3, B4. Die auftriebserzeugende Bereiche der Rotorblätter sind in der Zeichnung der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt.
25 Die Rotorblätter sind im Wesentlichen aus Faserverbundwerkstoff gefertigt. Jeweils zwei Rotorblätter B1, B3; B2, B4, die ein Rotorblattpaar bilden, liegen sich um 180° versetzt gegenüber. Die so gebildeten zwei Rotorblattpaare wiederum sind um 90° gegeneinander versetzt angeordnet. Jedes Rotorblatt verfügt zum Beispiel über einen Blatthals 8 mit biegeweichen, biegeelastischen
30 Blatthalsabschnitten. Die Rotorblätter B1, B2, B3, B4 sind im Bereich ihrer Blatthalsabschnitte über den Rotorstern 4 drehfest an dem Rotorstern 4

angeschlossen. Ferner sind die Rotorblätter auf eine nachfolgend noch näher beschriebene Art und Weise miteinander verbunden.

Fig. 2 zeigt eine schematische, stark vereinfachte Seitenansicht des Rotors von
5 Fig. 1. Der Einfachheit halber ist in dieser Zeichnung nur ein einzelnes Rotorblatt B1 dargestellt. Die nachfolgenden Erläuterungen gelten jedoch analog auch für die anderen Rotorblätter. Wie aus der Fig. 2 hervorgeht, sind in einem Blattanschlussbereich des Blatthalses 8 des Rotorblattes B1 jeweils zwei Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 vorgesehen, die bezogen auf den Rotorradius R des Rotors
10 in bzw. vorwiegend in radialer Richtung, d.h. in Längsrichtung des Rotorblattes B1, voneinander beabstandet sind. Die Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 stützen den Blatthals 8 also an zwei in Radialrichtung des Rotors voneinander beabstandeten Stellen gelenkig oder scheinbar gelenkig ab. Es ergibt sich eine Art Zweipunktlagerung. Zwischen diesen zwei Schlag-Hilfsgelenken H1, H2 ist der
15 Blatthals 8 bei einer Schlagbewegung des Rotorblattes B1 biegeelastisch und bogenförmig deformierbar. Die Auslenkung des Rotorblattes B1 und die Biegung des Blatthalses 8 ist durch eine gestrichelte Linie angedeutet. Aufgrund dieser Ausgestaltungsweise verhält sich das Rotorblatt B1 bei einer Schlagbewegung in seiner Gesamtheit so, als ob sein Schlaggelenk scheinbar genau auf der
20 Rotorachse A liegt. Der (scheinbare) Schlaggelenksabstand DS dieses virtuellen Schlaggelenks beträgt somit Null ($DS = 0$). In den nachfolgenden Figuren sind die Hilfsgelenke H1, H2 aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit weitgehendst immer nur für ein einzelnes Rotorblatt angegeben. Für die jeweils anderen Rotorblätter ist die Anordnung der Hilfsgelenke analog.

25

Fig. 2a skizziert als Vergleich und analog zu der Darstellung von Fig. 2 einen Fall, bei dem der (scheinbare) Schlaggelenksabstand DS negativ, also kleiner Null ist ($DS < 0$). Fig. 2b wiederum skizziert analog zu der Darstellung von Fig. 2 einen Fall, bei dem der (scheinbare) Schlaggelenksabstand DS größer Null ($DS > 0$),
30 aber im Vergleich zu konventionellen gelenklosen Rotoren immer noch sehr klein, d.h. sehr nahe am Rotormast 6 gelegen ist.

Blickt man bei dem Rotor nach Fig. 1 von oben oder unten auf die Rotorkreisebene, so ist besonders deutlich zu erkennen, dass der die zwei Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 sowie das dazwischen liegende virtuelle Schlaggelenk enthaltende Blattanschlussbereich eines jeweiligen Rotorblattes B1, B2, B3, B4 in Form einer Blattanschlussgabel 10 mit zwei (oder auch mehreren) schmalen, streifen- oder plattenförmigen Anschlussarmen 12, 14 ausgebildet ist, die u.a. als Zugbänder fungieren. Diese zwei bezogen auf den Rotorkreis in tangentialer Richtung bzw. bezogen auf das jeweilige Rotorblatt B1, B2, B3, B4 in Tiefenrichtung des Rotorblattprofils voneinander beabstandeten Anschlussarme 12, 14 verlaufen im Wesentlichen in Längsrichtung des Rotorblattes und im Wesentlichen parallel zueinander seitlich links und rechts neben dem Rotormast 6 bzw. der Rotorachse A her und in radialer Richtung weiter an dieser vorbei. Die Rotorachse A erstreckt sich also zwischen den zwei Anschlussarmen 12, 14. Die Anschlussarme 12, 14 besitzen in diesem Beispiel in Schlagrichtung des Rotorblattes eine geringere Biegesteifigkeit bzw. ein geringeres Flächenträgheitsmoment als in der Schwenkrichtung.

Jeweils zwei einander gegenüberliegende Rotorblätter B1, B3; B2, B4 eines Rotorblattpaares sind über ihre Blattanschlussgabeln 10, d.h. ihre Anschlussarme 12, 14 hinweg in Längsrichtung miteinander verbunden. Hierbei überlappen sich die Anschlussarme 12, 14 in ihrer Längsrichtung zumindest in einem Teilbereich, d.h. im vorliegenden Fall im Wesentlichen über ihre gesamte Länge. Hierbei verlaufen jeweils zwei Anschlussarme 12, 14 der jeweiligen Rotorblätter übereinander. Aufgrund dieser Anordnung und der gegenseitigen Verbindung nehmen die Anschlussarme 12, 14 des jeweils einen Rotorblattes (z.B. B1) die Fliehkräfte des jeweils anderen Rotorblattes (z.B. B3) des Rotorblattpaares auf. Und die Fliehkräfte werden am Rotormast 6 vorbeigeleitet. Die Fliehkräfte der Rotorblätter B1, B2, B3, B4 haben somit im Idealfall keine Auswirkungen auf die Gestaltung der Mastanbindung der Rotorblätter B1, B2, B3, B4.

Wie in der Fig. 1 des Weiteren erkennbar, überlappen bzw. überkreuzen die Anschlussarme 12, 14 des ersten Rotorblattpaares überdies die Anschlussarme

12, 14 des zweiten Rotorblattpaares. Dadurch liegen in dem entstehenden Überkreuzungsbereich 16 vier Anschlussarme, d.h. ein Anschlussarm von jedem Rotorblatt B1, B2, B3, B4, übereinander. An dem Überkreuzungsbereich 16 sind die Anschlussarme 12, 14 sowohl untereinander als auch mit dem Rotorstern 4 verbunden. Die Verbindung erfolgt in diesem Beispiel mit jeweils einem Bolzen 18, der sich annähernd parallel zur Rotorachse A durch den Rotorstern 4 und die jeweiligen Anschlussarme 12, 14 hindurch erstreckt. Für den in Fig. 1 gezeigten Rotor sind somit vier Bolzen 18 erforderlich, um die Rotorblätter B1, B2, B3, B4 über ihre Anschlussarme 12, 14 untereinander und mit dem Rotorstern 4 zu verbinden.

Diese Anordnung besitzt multifunktionale Eigenschaften, wie aus den nachfolgenden Erläuterungen ersichtlich werden wird.

15 Jeweils ein Überkreuzungsbereich 16 der in Schlagrichtung biegeweichen, biegeelastischen Anschlussarme 12, 14 bildet zusammen mit dem Bolzen 18 zwischen den Armen des Rotorsterns 4 ein Schlag-Hilfsgelenk H1, H2. Damit liegt ein jeweiliges Schlag-Hilfsgelenk H1, H2 also in einem Überlappungs- bzw. Überkreuzungsbereich 16 der Anschlussarme 12, 14 der Rotorblätter B1, B2, B3
20 B4. Pro Rotorblatt B1, B2, B3, B4 ergeben sich somit ferner jeweils zwei in Längsrichtung des Rotorblattes B1, B2, B3, B4 voneinander beabstandete Schlag-Hilfsgelenke H1, H2. Da die Blattanschlussgabel 10 des jeweiligen Rotorblattes B1, B2, B3, B4 zwei Anschlussarme 12, 14 aufweist, hat ein jeweiliges Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 zwei seitlich nebeneinander liegende Gelenkbereiche H1a,
25 H1b; H2a, H2b und pro Anschlussarm 12, 14 zwei in radialer Richtung und zwei in tangentialer Richtung voneinander beabstandete Bolzen 18. Beide Anschlussarme 12, 14 können sich zwischen den beiden radial beabstandeten Bolzen 18 verformen bzw. verbiegen, wenn das Blatt (hier: z.B. B1) in Schlagrichtung belastet wird. Hierbei können die Arme des Rotorsterns 4
30 ebenfalls eine gewisse Verformung mitmachen. Dies alles führt zu einer zusätzlichen Weichheit, die wiederum zu einem kleineren Schlaggelenksabstand führt.

- In der Fig. 1 gelten die Bezugszeichen H1 und H2 nur für die Schlag-Hilfsgelenke des Rotorblattes B1. Für die anderen Rotorblätter B2, B3, B4 ist das zuvor Gesagte analog anwendbar. Aufgrund dieser Ausgestaltungsweise und der zuvor erläuterten Anordnung der Rotorblätter B1, B2, B3, B4 besitzt ein jeweiliges Rotorblattpaar, welches zwei einander gegenüberliegende Rotorblätter B1, B3; B2, B3 aufweist, zwei gemeinsame Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 und gewissermaßen ein gemeinsames virtuelles Schlag-Gelenk.
- 10 Da der Rotor im vorliegenden Fall zwei Rotorblattpaare umfasst, besitzen alle Rotorblätter B1, B2, B3, B4 zudem gemeinsame Schlag-Hilfsgelenke H1, H2, die in einem gemeinsamen Blatthalsverbindungs-bereich, nämlich im jeweiligen Überkreuzungsbereich 16 liegen. Aufgrund der Biegeweichheit der Anschlussarme 12, 14 und des Rotorsterns 4 können auch diese
- 15 Überkreuzungsbereiche 16 der Biegung der Anschlussarme 12, 14 weitgehend folgen, ohne dass hierbei eine zu große Unstetigkeitsstelle in der Biegelinie entsteht. Damit sich die Anschlussarme 12, 14 bei einer Schlagbewegung auch im Überkreuzungsbereich bzw. über diesen hinweg noch einfacher elastisch verbiegen können, ist es z.B. möglich, im Bereich des Bolzens 18 ballige Anlageflächen an den Anschlussarmen 12, 14 und/oder dem Rotorstern 4 vorzusehen oder entsprechende Zwischenelemente bereitzustellen. Die
- 20 letztgenannte Anordnung empfiehlt sich beispielsweise dann, wenn der Rotorstern 4 in Schlagrichtung relativ steif ausgebildet ist.
- 25 Wie bereits weiter oben kurz angedeutet, ist ein jeweiliges Rotorblatt B1, B2, B3, B4 im Bereich der beiden Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 über den Rotorstern 4 und die Bolzen 18 drehfest mit dem Rotormast 6 verbunden. Die Bolzen 18 der Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 dienen zusammen mit dem Rotorstern folglich gleichzeitig auch als Drehmomentenübertragungselemente. Diese
- 30 Drehmomentenübertragungselemente greifen hierbei an einem Abschnitt an den Rotorblättern B1, B2, B3, B4 an, an dem sich mehrere Anschlussarme 12, 14 überlappen und in dem mindestens eines der Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 liegt.

- Wie in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen 20 angedeutet ist, besitzt der Blatthals 8 des Weiteren an einem Bereich, der sich bezogen auf den Rotorradius R und die Längsrichtung des Rotorblattes B1, B2, B3, B4 an das radial äußere der beiden
- 5 Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 in Richtung zur Rotorblattspitze (nicht gezeigt) hin anschließt, einen weiteren biegeweichen, schlagweichen Blatthalsabschnitt 20. Dieser Abschnitt 20 verbessert die Biege- und Verformungseigenschaften der Anschlussarme 12, 14 bei einer Schlagbewegung zusätzlich.
- 10 Es ist des Weiteren hervorzuheben, dass bei der erfindungsgemäßen Konstruktion die beiden Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 bzw. Teile davon als Fliehkraftabtragungselemente fungieren. So bilden die Bolzen 18 der Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 eines jeweiligen Rotorblattes B1, B2, B3, B4 pro Anschlussarm 12, 14 zwei in Längsrichtung des Blattes bzw. in Fliehkraftrichtung
- 15 voneinander beabstandete, hintereinander angeordnete Fliehkraftabtragungselemente. Von diesen Bolzen 18 nimmt mindestens einer im laufenden Betrieb des Rotors die am Rotorblatt B1, B2, B3, B4 auftretenden Fliehkräfte auf und leitet sie in den jeweiligen Anschlussarm 12, 14 ein. Jeder Fliehkraftstrang, d.h. jeder Anschlussarm 12, 14 des Blattanschlusses ist in
- 20 Fliehkraftrichtung durch jeweils zwei Bolzen 18 also doppelt gelagert und gesichert. Hierbei ist es gänzlich ausreichend, aber natürlich nicht zwingend erforderlich, dass einer der beiden Bolzen 18 bzw. Lager die Fliehkraft aufnimmt. Übernimmt der erste, radial äußere Bolzen 18 diese Aufgabe, so ist der Bereich zwischen den beiden Schlag-Hilfsgelenken H1, H2 im laufenden Betrieb des
- 25 Rotors fliehkraftfrei, was die Durchbiegung dieses Bereiches und die Schlagweichheit vergrößert. Diese Bauweise bietet eine vorteilhafte Redundanz, da bei Versagen von einem der zwei Bolzen 18 die Fliehkraft stets noch durch den zweiten Bolzen 18 aufgenommen werden kann.
- 30 Überdies ist zu berücksichtigen, dass bei dem erfindungsgemäßen Rotor ein einzelnes Rotorblatt B1, B2, B3, B4 insgesamt durch vier Lagerpunkte bzw. Bolzen 18 gehalten und gesichert ist. Das jeweilige Rotorblatt B1, B2, B3, B4

- besitzt infolge der Blattanschlussgabel 10 ja zwei Anschlussarme 12, 14 mit jeweils zwei Lagerstellen bzw. Bolzen 18. Dies ist insbesondere für eine verbesserte Sicherheit in Schwenkrichtung von Bedeutung. Fällt nämlich einer der vier Bolzen 18 aus, so bleibt das jeweilige Rotorblatt B1, B2, B3, B4 in
- 5 Schwenkrichtung weiterhin momentenfest gehalten und kann das Drehmoment vom Rotormast 6 und dem Rotorstern 4 immer noch übertragen. Der Einfluss eines Bolzenversagens auf die Flugmechanik ist folglich nicht so gravierend wie bei konventionellen Konstruktionen nach dem Stand der Technik (siehe Fig. 14), bei denen beim Ausfall eines von zwei Bolzen das Rotorblatt dann in
- 10 Schwenkrichtung nicht mehr momentenfest gelagert, sondern drehbar ist. Insgesamt ist mit dem erfindungsgemäßen Rotor deshalb auf vergleichsweise einfache und effektive Art und Weise eine fail-safe-Konstruktion zu verwirklichen, die eine hohe Sicherheit bietet.
- 15 Weil die Rotorblätter B1, B2, B3, B4 im Bereich Ihrer Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 miteinander verbunden sind, bildet ein jeweiliges Schlag-Hilfsgelenk H1, H2, oder ein Teil davon, sprich ein Bolzen 18, eines jeweiligen Rotorblattes (z.B. B1) gleichzeitig auch ein Fliehkraftabtragungselement für mindestens ein jeweils anderes Rotorblatt (z.B. B3). Dadurch wird die erforderliche Anzahl von Bauteilen
- 20 für den Rotor erheblich reduziert.
- Die Anschlussarme 12, 14 eines jeweiligen Rotorblattes B1, B2, B3, B4 gehen in radialer Richtung nach außen in einen breiten, plattenartigen, trapezförmigen Basisabschnitt 22 über, der sich bei Betrachtung in der Draufsicht radial nach
- 25 außen verjüngt und in einen streifenförmigen, distalen (d.h. dem Rotormast abgewandten) Blatthalsbereich 24 mündet, an den sich der eigentliche auftriebserzeugende Profildbereich des Rotorblattes B1, B2, B3, B4 anschließt. Sowohl die Anschlussarme 12, 14 als auch der Basisabschnitt 22 und der streifenförmige, distale Blatthalsbereich 24 sind drillweich (torsionsweich), so dass
- 30 auf einfache Art und Weise ein drillweicher Blatthals für eine lagerlose Blattwinkelverstellung realisierbar ist. Diese Blatthalsbereiche, die per se relativ flach ausgebildet sind, lassen sich überdies auf recht einfache Art und Weise

aerodynamisch günstig gestalten bzw. verkleiden. Aufgrund dieser Ausgestaltungsweise und dem Umstand, dass die beiden Anschlussarme 12, 14 eines jeweiligen Rotorblattes B1, B2, B3, B4 seitlich an der Rotorachse A bzw. dem Rotormast 6 vorbeigeführt und folglich auch die Bolzen 18 bezogen auf den

5 Rotorkreis in tangentialer Richtung relativ weit voneinander beabstandet sind, ergeben sich weitere Vorteile.

Denn aus dieser Bauweise resultiert ein Rotorblattanschluss mit einer im Vergleich zu konventionellen Rotoren hohen Schwenksteifigkeit. Hierbei

10 übernehmen die sich bei einer Schwenkbewegung in Schwenkrichtung geringfügig elastisch verbiegenden Anschlussarme 12, 14, die Bolzen 18 sowie ggf. auch die Arme des Rotorsterns 4, die sich ebenfalls geringfügig elastisch verbiegen können, die Funktion eines Schwenkgelenks. Das Schwenkmoment wird hierbei über die Bolzen 18 abgesetzt, die eine breite Stützbasis bilden und somit nur

15 gering belastet werden.

Aus der Fig. 1 geht ferner hervor, dass die beiden Anschlussarme 12, 14 eines jeweiligen Rotorblattes B1, B2, B3, B4 mehrfach nach oben und unten abgewinkelt sind, so dass sich die beiden Anschlussarme 12, 14 bzw. wesentliche

20 Abschnitte davon in verschiedenen Ebenen erstrecken. Die Anschlussarme 12, 14 weisen nach unten abgewinkelte bzw. nach unten abgestufte freie Enden auf. Bei der in der Zeichnung dargestellten Anordnung ergibt sich im montierten Zustand der Rotorblätter B1, B2, B3, B4 somit eine Ineinanderschachtelung ihrer Anschlussarme 12, 14, was zu einer sehr geringen Gesamt-Bauhöhe des

25 Rotorkopfes 2 führt. Die Ineinanderschachtelung ist so gewählt dass die Rotorblätter B1, B2, B3, B4 hierbei in einer gemeinsamen Rotor- bzw. Rotorblattebene liegen. Unter Berücksichtigung der bereits zuvor erläuterten Merkmale ist somit ein lager- und gelenkloser Rotor mit einem virtuellen Schlaggelenk, einem steifen Schwenkgelenk und einem drillweichen Blatthals für

30 eine lagerlose Blattwinkelverstellung realisierbar.

Grundsätzlich können die beiden Anschlussarme 12, 14 eines jeweiligen Rotorblattes B1, B2, B3, B4 jedoch auch in einer gemeinsamen Ebene bzw. in einer gemeinsamen Ebene mit dem Basisabschnitt und dem streifenförmigen Blatthalsbereich liegen. Eine solche Ausführungsform zeigt die Fig. 3, die eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer zweiten Ausführungsform darstellt. Pro Rotorblatt B1, B2, B3, B4 ist hier das freie Ende eines Anschlussarms 12, 14 nach oben und das des anderen nach unten abgewinkelt bzw. abgestuft.

- 10 Fig. 4 zeigt eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer dritten Ausführungsform. Diese Variante ähnelt weitgehend der von Fig. 1. Jedoch sind die freien Enden der Anschlussarme 12, 14 eines Rotorblattes B1, B2, B3, B4 jeweils in Form eines Gabelterminals 26 ausgebildet. Im zusammengebauten Zustand des Rotors liegt
- 15 das Gabelterminal 26 im Bereich eines Schlag-Hilfsgelenkes H1, H1 und ist mit einem in der Nähe des Basisabschnitts 22 befindlichen streifenförmigen Bereich eines Anschlussarms 12, 14 eines jeweils benachbarten Rotorblatts verbunden. Durch die Gabelterminals 26 kann eine höhere Haltefestigkeit der an den Schlag-Hilfsgelenken H1, H2 befindlichen Verbindungsstellen und eine leichtere
- 20 Positionierbarkeit beim Montieren der Rotorblätter B1, B2, B3, B4 erzielt werden.

Fig. 5 zeigt eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer vierten Ausführungsform. Diese Variante ähnelt der von Fig. 4, jedoch handelt es sich hier um einen Rotor mit einer ungeraden Anzahl von Rotorblättern, d.h. im vorliegenden Fall fünf Rotorblätter B1 bis B5. Obwohl sich hier die Rotorblätter B1 bis B5 nicht jeweils paarweise genau in einem Winkel von 180° gegenüberliegen, kann ein jeweiliges Rotorblatt doch Fliehkraftanteile der jeweils in einem schrägen Winkel gegenüberliegenden Rotorblätter abtragen.

30

In der Fig. 6 ist in einer schematischen Perspektivansicht ein Blattanschlussbereich eines Rotorblattes B1 eines erfindungsgemäßen Rotors

gemäß einer fünften Ausführungsform dargestellt. Fig. 7 zeigt eine schematische, perspektivische Draufsicht auf den erfindungsgemäßen Rotor gemäß der fünften Ausführungsform. Wie besonders aus Fig. 6 ersichtlich, ist bei den Rotorblättern B1, B2, B3, B4 dieses Rotors einer der beiden Anschlussarme 12, 14 in zwei übereinanderliegende Anschlussarmstränge 14a, 14b unterteilt, die in einem Abstand zueinander verlaufen. Die Anschlussarmstränge 14a, 14b sind also gewissermaßen übereinander geschichtet. Die freien Enden der Anschlussarmstränge 14a, 14b sind nach oben und unten abgewinkelt bzw. abgestuft und bilden zusammen eine Art Anschlussklaue 28 aus. Das freie Ende des anderen, ungeteilten Anschlussarms 12 ist wiederum in Form eines Gabelterminals 26 ausgestaltet.

Im montierten Zustand der Rotorblätter (siehe Fig. 7) greift von einem ersten Rotorblattpaar jeweils ein Gabelterminal 26 eines Rotorblattes B1, B2, B3, B4 in Längsrichtung zwischen die übereinanderliegenden Anschlussarmstränge 14a, 14b des genau gegenüberliegenden Rotorblattes. Und von den Rotorblättern des um 90° versetzten zweiten Rotorblattpaares verläuft ein streifenförmiger Armabschnitt des ungeteilten Anschlussarms 12 durch das zwischen den Anschlussarmsträngen 14a, 14b befindliche Gabelterminal 26 hindurch. Und die Anschlussklaue 28 des diesem Armabschnitt gegenüberliegenden Anschlussarms 14 (der zwei Anschlussarmstränge 14a, 14b besitzt), greift über den oberen und unteren Anschlussstrang des Rotorblattes des ersten Rotorblattpaares. Diese Anordnung ist an allen Schlag-Hilfsgelenken H1, H2 gleich.

Die zuvor beschriebene Variante dient einer besseren Symmetrie der Rotorblattanschlüsse und reduziert die Anschlusssteifigkeit und damit die Schlagsteifigkeit des jeweiligen Rotorblattes. Dies ist primär durch die in Schlagrichtung insgesamt kleinere Biegesteifigkeit der einzelnen Anschlussarmstränge 14a, 14b sowie die daraus resultierende geringere Gesamt-Biegesteifigkeit des Anschlussarms 14 bedingt. Ein ungeteilter Anschlussarm besitzt im Vergleich dazu eine weitaus höhere Biegesteifigkeit.

Fig. 8 zeigt eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer sechsten Ausführungsform. Diese Variante ähnelt weitgehend denen der Fig. 1, 4 und 7. Wie man in der Zeichnung gemäß Fig. 8 jedoch deutlich erkennt, sind hier die Anschlussarme 12, 14 der

5 einander gegenüberliegenden Rotorblätter B1, B3; B2, B4 eines Rotorblattpaares seitlich nebeneinander versetzt angeordnet. In einem jeweiligen Überkreuzungs- bzw. Überlappungsbereich 16 der Anschlussarme 12, 14 aller Rotorblätter B1, B2, B3, B4 liegen daher stets nur zwei Anschlussarme 12, 14 übereinander. Diese Bauweise bedingt ferner, dass zur Verbindung aller Anschlussarme 12, 14

10 untereinander und mit dem Rotorstern 4 sowie zur Drehmomentenübertragung vom Rotorstern 4 auf die Rotorblätter B1, B2, B3, B4 insgesamt acht Lagerstellen bzw. Bolzen 18 erforderlich sind. Ferner liegt bei dieser Variante liegt ein Anschlussarm 12 in der gleichen Ebene mit dem trapezförmigen Basisabschnitt 22 und dem distalen streifenförmigen Blatthalsbereich 24. Der andere

15 Anschlussarm 14 ist gegenüber dieser Ebene in mehreren Abschnitten nach unten (nach oben ist ebenfalls möglich) abgewinkelt bzw. abgestuft. Vorteil dieser Ausführungsform ist eine niedrigere Bauhöhe im Überlappings- bzw. Überkreuzungsbereich 16 sowie eine daraus resultierende größere Biegeweichheit, sprich ein weicheres Schlagverhalten der Rotorblätter B1, B2, B3,

20 B4.

Fig. 9 zeigt eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer siebten Ausführungsform. Bei dieser Variante, bei der sich jeweils zwei Rotorblätter B1, B3; B2, B4 um 180° versetzt

25 genau gegenüberliegen, sind die jeweiligen Anschlussarme 12, 14 dieser Rotorblätter B1, B2, B3, B4 durchgehend, d.h. ohne Unterbrechung ausgestaltet. Dadurch ist der durch die Anschlussarme 12, 14 gebildete Fliehkraftstrang ebenfalls durchgehend. Das hat den Vorteil, dass die beträchtlichen Fliehkräfte eines Rotorblattes (z.B. B1) direkt durch das gegenüberliegende Rotorblatt (z.B. B3) abgesetzt werden können. Gleichzeitig verfügt das jeweilige Rotorblattpaar

30 B1, B3; B2, B4 über zwei gemeinsame Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 und ein gemeinsames oder unterschiedliches virtuelles Schlag-Gelenk.

Der schlagweiche Anschluss der Rotorblätter B1, B2, B3, B4 ergibt sich dann wiederum dadurch, dass sich die Anschlussarme 12, 14 zwischen den Schlag-Hilfsgelenken H1, H2 noch einmal durchbiegen können. Dies führt im

5 Anschlussbereich zu einer größeren Weichheit. Ferner ist diese Konstruktion sehr flach. Gegenüber den weiter oben erläuterten Beispielen greifen die Befestigungspunkte des Rotorsterns 4 nicht direkt an den Schlag-Hilfsgelenken H1, H2, sondern an einer dazu um 45° verdrehten Position an. Diese liegt jeweils an einem mittleren Abschnitt eines Strangs des betreffenden Anschlussarms 12,

10 14 eines jeweiligen Rotorblattpaares B1, B3; B2, B4.

Fig. 10 zeigt eine schematische, perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer achten Ausführungsform. Der Rotor besitzt vier Rotorblätter B1, B2, B3, B4. Bei dieser Variante weist das jeweilige

15 Rotorblatt keine Blattanschlussgabel mit mindestens zwei Anschlussarmen, sondern nur jeweils einen einzelnen Blattanschlussarm 30 auf. Dieser ist in diesem Fall sowohl in Schlag- als auch in Schwenkrichtung biegeweich ausgeführt. Wie in der Zeichnung deutlich zu erkennen ist, erstreckt sich der einzelne Blattanschlussarm 30 eines jeweiligen Rotorblattes B1, B2, B3, B4

20 seitlich neben der Rotorachse A her und an dieser vorbei. Mit einem Endbereich ist der einzelne Blattanschlussarm 30 eines Rotorblattes B1, B2, B3, B4 jeweils mit einem Zwischenabschnitt 32 eines Blattanschlussarms 30 eines jeweils benachbarten, gleichartig ausgestalteten Rotorblattes B1, B2, B3, B4 verbunden. Dies erfolgt wie in den vorangegangenen Beispielen mit jeweils einem Bolzen 18.

25 Die zwischen den Bolzen 18 befindlichen Abschnitte der jeweiligen einzelnen Blattanschlussarme 30 bilden um die Rotorachse A bzw. den Rotormast 6 ein Viereck.

Aufgrund der zuvor beschriebenen Ausgestaltungsweise ergeben sich somit pro

30 Rotorblatt B1, B2, B3, B4 zwei in Längsrichtung des Rotorblattes voneinander beabstandeten Befestigungsstellen. Diese Befestigungsstellen, an denen auch die Arme des Rotorsterns 4 angreifen, stellen jeweils zwei Schlag-Hilfsgelenke H1, H2

dar, zwischen denen das virtuelle Schlaggelenk angeordnet ist und zwischen denen der Blatthals 8 bei einer Schlagbewegung biegeelastisch und bogenförmig deformierbar ist. Weil der jeweilige einzelne Blattanschlussarm 30 auch in Schwenkrichtung biegeweich ist, bilden die zwei Schlag-Hilfsgelenke H1, H2 eines
5 jeweiligen Rotorblattes B1, B2, B3, B4 gleichzeitig auch zwei in radialer Längsrichtung des Rotorblattes voneinander beabstandete Schwenk-Hilfsgelenke, zwischen denen ein virtuelles Schwenkgelenk angeordnet ist und zwischen denen der Blatthals 8 bei einer Schwenkbewegung des Rotorblatts B1, B2, B3, B4 biegeelastisch und bogenförmig deformierbar ist.

10

Die Bolzen 18 an den Verbindungsstellen der Rotorblätter B1, B2, B3, B4 dienen hierbei gleichzeitig als Drehgelenkpunkte, welche die Biegung des betreffenden einzelnen Blattanschlussarms 30 in der Schlagrichtung erleichtern. In der Fig. 10 ist ein geschwenktes Rotorblatt durch eine gestrichelte Linien angedeutet. Dieser
15 Rotor ist im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Ausführungsformen schwenkweich und daher für Kipprotorhubschrauber weniger geeignet.

Fig. 11 zeigt in einer schematischen Draufsicht einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer neunten Ausführungsform. Diese Variante entspricht im Wesentlichen der von Fig. 10, jedoch ist sie als Dreiblatt-Rotor ausgeführt. Die zwischen den
20 Bolzen 18 befindlichen Abschnitte der jeweiligen einzelnen Blattanschlussarme 30 bilden um die Rotorachse A bzw. den Rotormast ein gleichseitiges Dreieck.

Fig. 12 und 13 zeigen schematische Draufsichten auf einen erfindungsgemäßen Rotor gemäß einer zehnten und elften Ausführungsform. Diese Variante entspricht im Wesentlichen denen von Fig. 10 und 11, jedoch ist sie als Zweiblatt-Rotor ausgestaltet. Dies erfordert beispielsweise zwei die einzelnen Blattanschlussarme 30 miteinander verbindende zusätzliche Querverbindungselemente 34 (siehe Fig. 12) zur drehfesten Anbringung der Rotorblätter B1, B2 an den Rotormast 6 oder
30 eine oder mehrere übereinanderliegende Rotorkopfplatten 36 mit geeigneten, voneinander beabstandeten Befestigungspunkten (siehe Fig. 13).

Die in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen beschriebenen erfindungsgemäßen Rotoren kommen vorzugsweise bei einem Drehflügelflugzeug, insbesondere einem Hubschrauber mit einem oder mehreren Rotoren zum Einsatz. Hierbei eignen sich die Varianten nach den
5 Fig. 1 und 3 bis 10 aufgrund einer hohen Schwenksteifigkeit besonders für Kipprotorhubschrauber bzw. Kipprotorflugzeuge.

Die Erfindung ist nicht auf die obigen Ausführungsbeispiele, die lediglich der allgemeinen Erläuterung des Kerngedankens der Erfindung dienen, beschränkt.
10 Im Rahmen des Schutzzumfangs kann der erfindungsgemäße Rotor vielmehr auch andere als die oben konkret beschriebenen Ausgestaltungsformen annehmen. Der Rotor kann hierbei insbesondere Merkmale aufweisen, die eine Kombination aus den Merkmalen der beschriebenen Ausführungsformen darstellen. Obwohl in den Ausführungsbeispielen nur mehrblättrige Rotoren erörtert wurden, ist das
15 erfindungsgemäße Prinzip auch auf einblättrige Rotoren bzw. Rotoren mit 1 bis n (1...n) Rotorblättern anwendbar. Bei einem erfindungsgemäßen Rotor können das virtuelle Schlag- und Schwenkgelenk überdies zusammenfallen. Die Schlag-Hilfs Gelenke sind auch als räumliche Gelenke ausführbar, die reale und/oder virtuelle Gelenke aufweisen können.

20 Bei dem erfindungsgemäßen Rotor kann der Rotormast in Abhängigkeit der jeweiligen Rotorkopfausgestaltung und der jeweiligen Rotormastanbindung in axialer Richtung auch unterhalb der Rotorblattebene bzw. unterhalb der Anschlussarme enden. Die Anschlussarme können sich dann jedoch weiterhin
25 seitlich neben der Rotorachse her bzw. um diese herum erstrecken. Ferner ist es im Sinne der Erfindung denkbar, den Basisabschnitt 22 sehr schmal auszugestalten, und die Anschlussarme in einem nur sehr geringen seitlichen Abstand nebeneinander verlaufen zu lassen. Des weiteren ist es möglich, einen Bereich zwischen den Anschlussarmen mit einer weichen, elastischen
30 Zwischenfüllung, z.B. einem elastischen Schaumstoff oder dergleichen, zu versehen, der die Verformung der Anschlussarme nicht behindert und zusätzlich auch Verkleidungs-, Stütz- oder Aussteifungsfunktionen übernehmen kann.

- Auch kann anstelle der Bolzen grundsätzlich ein anderes geeignetes Verbindungsmittel bzw. Fliehkraftabtragungselement eingesetzt werden, so zum Beispiel eine integrale Verbindung zwischen den jeweiligen Anschlussarmen und/oder dem Rotorstern oder der Rotorkopfplatte oder eine um den Rotormast und/oder eine Rotorkopfplatte geschlungene Rotorblatt-Anschluss-Schlaufe. Die Schlaufe kann besonders einfach dadurch realisiert werden, dass die zwei Anschlussarme der Blattanschlussgabel z.B. hinter dem Rotormast zu einer Schlaufe zusammengeführt und integral miteinander verbunden werden.
- Bei den obigen Beispielen übernehmen die im Bereich der Schlag-Hilfsgelenke angeordneten Bolzen eine Mehrfachfunktion. Insbesondere bilden Sie in Verbindung mit den sich jeweils überlappenden bzw. überkreuzenden Blattanschlussbereichen die Schlag-Hilfsgelenke und nehmen gleichzeitig die an den Rotorblättern wirkenden Fliehkräfte auf. Es ist jedoch möglich, diese einzelnen Funktionen zu trennen. So ist es beispielsweise denkbar, dass ein jeweiliges Schlag-Hilfsgelenk fliehkraftfrei und bolzenlos ausgestaltet ist und durch eine den Blatthals abstützende Stützeinrichtung in Zusammenarbeit mit den biegeweichen Anschlussarmen gebildet wird. Als Stützeinrichtung können beispielweise Abstützelemente oder Klemmelemente an der Ober- und Unterseite des Blatthalses dienen. Diese können z.B. in Form von Stützrollen, balligen Auflagerelementen, elastischen Klemmelementen und dergleichen ausgestaltet sein. Ein solches Schlag-Hilfsgelenk kann keine Fliehkräfte aufnehmen. Diese sind beispielsweise aber durch einen Bolzen kompensierbar, der nur noch fliehkraftabtragend wirkt, jedoch keine Funktionen des Schlag-Hilfsgelenks mehr übernimmt. Hierbei ist es möglich, die Bolzenachse nicht vertikal, sondern auch horizontal oder in einem Winkel relativ zur Rotorkreisebene anzuordnen.
- Bezugszeichen in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen dienen lediglich dem besseren Verständnis der Erfindung und sollen den Schutzzumfang nicht einschränken.

Bezugszeichenliste

Es bezeichnen:

- | | | |
|----|-----|---|
| 5 | | |
| | 2 | Rotorkopf |
| | 4 | Rotorstern |
| | 6 | Rotormast |
| | 8 | Biege- und schlagweicher Blatthals |
| 10 | 10 | Blattanschlussgabel |
| | 12 | Anschlussarm von 10 |
| | 14 | Anschlussarm von 10 |
| | 14a | Anschlussarmstrang von 14 |
| | 14b | Anschlussarmstrang von 14 |
| 15 | 16 | Überkreuzungs- bzw. Überlappungsbereich |
| | 18 | Bolzen |
| | 20 | Zusätzlicher biegeweicher, schlagweicher Blatthalsabschnitt |
| | 22 | Basisabschnitt |
| | 24 | Distaler Blatthalsbereich |
| 20 | 26 | Gabelterminal |
| | 28 | Anschlussklaue |
| | 30 | Einzelner Blattanschlussarm |
| | 32 | Zwischenabschnitt von 30 |
| | 34 | Querverbindungselement |
| 25 | 36 | Rotorkopfplatte(n) |
| | 142 | Strukturelement |
| | 144 | Rotorkopfseitiger Blattanschluss |
| | 146 | Blatthals |
| 30 | 148 | Bolzen |
| | 150 | Steuertüte |

	A	Rotorachse
	B1	Rotorblatt
	B2	Rotorblatt
	B3	Rotorblatt
5	B4	Rotorblatt
	B5	Rotorblatt
	H1	Schlag-Hilfsgelenk
	H1a	Gelenkbereich von H1
	H1b	Gelenkbereich von H1
10	H2	Schlag-Hilfsgelenk
	H2a	Gelenkbereich von H1
	H2b	Gelenkbereich von H1
	DS	Scheinbarer Schlaggelenkabstand
	R	Rotorradius
15		

Patentansprüche

1. Rotor, umfassend mindestens ein an einen Rotorkopf (2) anschließbares Rotorblatt (B1, B2, B3, B4; B5), welches über einen Blatthals (8) mit einem
5 virtuellen Schlaggelenk in Form eines biegeweichen, biegeelastischen Blatthalsabschnitts verfügt, wobei in einem Blattanschlussbereich (12, 14; 16; 30, 32) des Blatthalses (8) zwei bezogen auf einen Rotorradius (R) in radialer Längsrichtung des Rotorblattes (B1, B2, B3, B4; B5) voneinander beabstandete Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) vorgesehen sind, zwischen
10 denen im Wesentlichen das virtuelle Schlaggelenk angeordnet ist und zwischen denen der Blatthals (8) bei einer Schlagbewegung biegeelastisch und bogenförmig deformierbar ist.
2. Rotor nach Anspruch 1,
15 **dadurch gekennzeichnet, dass**
der Blatthals (8) an einem Bereich, der sich bezogen auf den Rotorradius (R) und die Längsrichtung des Rotorblattes (B1, B2, B3, B4; B5) an das radial äußere der beiden Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) in Richtung zu einer Rotorblattspitze hin anschließt, einen weiteren biegeweichen, insbesondere
20 schlagweichen Blatthalsbereich (22) besitzt.
3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
dieser ein gelenkloser Rotor ist, der zusätzlich zu dem virtuellen
25 Schlaggelenk ein virtuelles Schwenkgelenk in Form eines biegeweichen, biegeelastischen Blatthalsbereiches (30) besitzt.
4. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
30 dieser ein lager- und gelenkloser Rotor ist, mit einem virtuellen Schlaggelenk, einem virtuellen Schwenkgelenk und einem drillweichen Blatthals (12, 14, 22, 24) für eine lagerlose Blattwinkelverstellung.

5. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schlagsgelenkabstand größer gleich Null (≥ 0) ist.
- 5 6. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schlagsgelenkabstand kleiner Null (< 0), also negativ ist.
- 10 7. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich das virtuelle Schwenkgelenk in einem Bereich des Blatthalses (8)
zwischen den beiden Schlag-Hilfsgelenken (H1, H2) befindet.
- 15 8. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zwei Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) gleichzeitig zwei in radialer
Längsrichtung des Rotorblattes (B1, B2, B3, B4) voneinander beabstandete
Schwenk-Hilfsgelenke bilden, zwischen denen das virtuelle Schwenkgelenk
20 angeordnet ist und zwischen denen der Blatthals (8; 30) bei einer
Schwenkbewegung des Rotorblatts (B1, B2, B3, B4) biegeelastisch und
bogenförmig deformierbar ist.
- 25 9. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Schwenkgelenk schwenksteif ausgebildet ist.
- 30 10. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eines der Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) ein Drehgelenk (18)
aufweist.

11. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eines der Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) durch einen
biegeweichen, biegeelastischen Abschnitt (12, 14) des Blatthalses (8)
5 gebildet ist.
12. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eines der Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) durch eine den
10 Blatthals (8) im Bereich des Schlag-Hilfsgelenks (H1, H2) abstützenden
Stützeinrichtung gebildet ist.
13. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
mindestens zwei Rotorblättern (B1, B2, B3, B4; B5),
15 **dadurch gekennzeichnet, dass**
die mindestens zwei Rotorblätter (B1, B2, B3, B4; B5) im Bereich ihres
jeweiligen Blatthalses (8; 12, 14) miteinander verbunden sind.
14. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
mindestens zwei Rotorblättern (B1, B2, B3, B4; B5),
20 **dadurch gekennzeichnet, dass**
die mindestens zwei Rotorblätter (B1, B2, B3, B4; B5) über gemeinsame
Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) verfügen, die in einem gemeinsamen
Blatthalsverbindungsbereich (16, 18) liegen.
25
15. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
mindestens zwei Rotorblättern (B1, B3; B2, B4), die sich bezogen auf den
Rotorkreis jeweils um ca. 180° versetzt gegenüber liegen und ein
Rotorblattpaar (B1, B3; B2, B4) bilden,
30 **dadurch gekennzeichnet, dass**

das jeweilige Rotorblattpaar (B1, B3; B2, B4) über zwei gemeinsame Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) und ein gemeinsames virtuelles Schlag-Gelenk verfügt.

- 5 16. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
mindestens zwei Rotorblättern (B1, B2, B3, B4),
dadurch gekennzeichnet, dass
- der die zwei Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) sowie das dazwischen
 liegende virtuelle Schlaggelenk enthaltende Blattanschlussbereich
10 des Blatthalses eines jeweiligen Rotorblatts (B1, B2, B3, B4) in Form
 eines einzelnen Blattanschlussarms (30) ausgebildet ist,
 - sich der einzelne Blattanschlussarm (30) eines jeweiligen
 Rotorblattes (B1, B2, B3, B4) seitlich neben der Rotorachse (A) her
 und an dieser vorbei erstreckt und mit einem Zwischenabschnitt (32)
15 eines jeweils benachbarten, gleichartig ausgestalteten Rotorblattes
 (B1, B2, B3, B4) verbunden ist.
17. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 20 der die zwei Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) sowie das dazwischen liegende
 virtuelle Schlaggelenk enthaltende Blattanschlussbereich des Blatthalses
 (8) in Form einer Blattanschlussgabel (10) mit mindestens zwei
 fliehkraftabtragenden Anschlussarmen (12, 14) ausgebildet ist.
- 25 18. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 sich bei einer Blickrichtung auf die Rotorkreisebene die Rotorachse (A)
 zwischen den mindestens zwei Anschlussarmen (12, 14) erstreckt.
- 30 19. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
mindestens zwei Rotorblättern,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Rotorblätter (B1, B2, B3, B4, B5) über ihre Anschlussarme (12, 14) miteinander verbunden sind.

20. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
5 **dadurch gekennzeichnet, dass**
von den mindestens zwei Anschlussarmen (12, 14) eines Rotorblatts (B1, B2, B3, B4, B5) mindestens einer ein als ein Gabelterminal (26) ausgebildetes Armende besitzt, das im Bereich eines Schlag-Hilfsgelenkes (H1, H2) angreift und mit einem Anschlussarm-Bereich eines
10 Anschlussarms (12, 14) eines jeweils anderen Rotorblatts (B1, B2, B3, B4, B5) verbunden (18) ist.
21. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit mindestens zwei Rotorblättern,
15 **dadurch gekennzeichnet, dass**
mindestens ein Anschlussarm (14) in mindestens zwei übereinanderliegende Anschlussarmstränge (14a, 14b) unterteilt ist.
22. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
20 mindestens zwei Rotorblättern (B1, B2, B3, B4, B5),
dadurch gekennzeichnet, dass
die mindestens zwei Rotorblätter (B1, B2, B3, B4, B5) über ihre Blattanschlussgabeln (10) miteinander verbunden sind und mindestens ein Teilbereich (12, 14; 14a, 14b) der Blattanschlussgabel (10) des jeweils
25 einen Rotorblattes (B1, B2, B3, B4, B5) Fliehkräfte des jeweils anderen Rotorblattes (B1, B2, B3, B4, B5) aufnimmt.
23. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
mindestens zwei Rotorblättern,
30 **dadurch gekennzeichnet, dass**

sich die Anschlussarme (12, 14) der mindestens zwei über ihre Blattanschlussgabeln (10) miteinander verbunden Rotorblätter (B1, B2, B3, B4, B5) zumindest in Teilbereichen überlappen (16).

- 5 24. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
mindestens zwei Rotorblättern (B1, B2, B3, B4, B5),
dadurch gekennzeichnet, dass
ein jeweiliges Schlag-Hilfsgelenke (H1; H2) in einem Überlappungsbereich
10 (16) der Anschlussarme (12, 14; 14a, 14b) der mindestens zwei
Rotorblätter (B1, B2, B3, B4, B5) liegt.
25. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich die mindestens zwei Anschlussarme (12, 14) eines Rotorblattes (B1,
15 B2, B3, B4, B5) in verschiedenen Ebenen erstrecken.
26. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Anschlussarme (12, 14; 14a, 14b) streifen- oder plattenförmig
20 ausgebildet sind.
27. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das mindestens eine Rotorblatt (B1, B2, B3, B4, B5) im Bereich der beiden
25 Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) über ein Drehmomentenübertragungselement
(4; 18) drehfest mit einem Rotormast (6) verbunden ist.
28. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
mindestens zwei Rotorblättern (B1, B2, B3, B4, B5),
30 **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Drehmomentenübertragungselement (18) an einem Abschnitt (16) an
den Rotorblättern (B1, B2, B3, B4, B5) angreift, an dem sich mehrere

Anschlussarme (12, 14) überlappen (16) und in dem mindestens eines der Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) liegt.

29. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
5 **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Drehmomentenübertragungselement (4) in Schlagrichtung des
mindestens einen Rotorblattes (B1, B2, B3, B4, B5) biegeweich ist.
30. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
10 **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Rotorblatt (B1, B2, B3, B4, B5) in dem Blattanschlussbereich (12, 14;
16; 30) mindestens zwei in Längsrichtung bzw. Fliehkraftrichtung
voneinander beabstandete Fliehkraftabtragungselemente (18) aufweist, von
denen mindestens eines (18) im laufenden Betrieb des Rotors die am
15 Rotorblatt (B1, B2, B3, B4, B5) auftretenden Fliehkräfte aufnimmt.
31. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eines der beiden in Längsrichtung des Rotorblattes (B1, B2,
20 B3, B4, B5) voneinander beabstandeten Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) oder
Teile (18) davon als ein Fliehkraftabtragungselement ausgestaltet ist.
32. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
mehreren Rotorblättern (B1, B2, B3, B4, B5),
25 **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Rotorblätter (B1, B2, B3, B4, B5) im Bereich Ihrer Schlag-Hilfsgelenke
(H1, H2) miteinander verbunden sind und mindestens jeweils ein Schlag-
Hilfsgelenk (H1, H2), oder ein Teil (18) davon, eines jeweiligen Rotorblattes
(B1, B2, B3, B4, B5) als ein Fliehkraftabtragungselement für mindestens
30 ein jeweils anderes Rotorblatt (B1, B2, B3, B4, B5) ausgebildet ist.

33. Drehflügelflugzeug, insbesondere ein Hubschrauber, insbesondere ein Kipprotorhubschrauber, mit mindestens einem Rotor nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 32.

13

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

[beim Internationalen Büro am 31. August 2004 (31.08.04) eingegangen;
ursprüngliche Ansprüche 1-33 durch neue Ansprüche 1-30 ersetzt (8 Seiten)]

+ ERKLÄRUNG

5

1. Rotor, umfassend mindestens zwei an einen Rotorkopf (2) anschließbare
10 Rotorblätter (B1, B2, B3, B4; B5), welche jeweils über einen Blatthals (8)
mit einem virtuellen Schlaggelenk in Form eines biegeweichen,
biegeelastischen Blatthalsabschnitts verfügen, wobei in einem
Blattanschlussbereich (12, 14; 16; 30, 32) des Blatthalses (8) zwei bezogen
15 auf einen Rotorradius (R) in radialer Längsrichtung des Rotorblattes (B1,
B2, B3, B4; B5) voneinander beabstandete Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2)
vorgesehen sind, zwischen denen im Wesentlichen das virtuelle
Schlaggelenk angeordnet ist und zwischen denen der Blatthals (8) bei einer
Schlagbewegung biegeelastisch und bogenförmig deformierbar ist,
wobei
- 20 - der die zwei Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) sowie das dazwischen
liegende virtuelle Schlaggelenk enthaltende Blattanschlussbereich
des Blatthalses eines jeweiligen Rotorblatts (B1, B2, B3, B4, B5) in
Form eines Blattanschlussarms (12, 14, 14a, 14b; 30) ausgebildet
ist;
- 25 - die Rotorblätter (B1, B2, B3, B4, B5) über ihre Blattanschlussarme
(12, 14; 30) miteinander verbunden sind;
- sich die Blattanschlussarme (12, 14, 14a, 14b; 30) der miteinander
verbundenen Rotorblätter (B1, B2, B3, B4, B5) zumindest in
Teilbereichen überlappen (16), und
- 30 - ein jeweiliges Schlag-Hilfsgelenk (H1, H2) in dem
Überlappungsbereich (16) der Anschlussarme (12, 14, 14a, 14b; 30)
liegt.

GEÄNDERTES BLATT (ARTIKEL 19)

2. Rotor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
5 der Blatthals (8) an einem Bereich, der sich bezogen auf den Rotorradius (R) und die Längsrichtung des Rotorblattes (B1, B2, B3, B4; B5) an das radial äußere der beiden Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) in Richtung zu einer Rotorblattspitze hin anschließt, einen weiteren biegeweichen, insbesondere schlagweichen Blatthalsbereich (22) besitzt.
- 10 3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
dieser ein gelenkloser Rotor ist, der zusätzlich zu dem virtuellen Schlaggelenk ein virtuelles Schwenkgelenk in Form eines biegeweichen, biegeelastischen Blatthalsbereiches (30) besitzt.
- 15 4. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
dieser ein lager- und gelenkloser Rotor ist, mit einem virtuellen Schlaggelenk, einem virtuellen Schwenkgelenk und einem drillweichen Blatthals (12, 14, 22, 24) für eine lagerlose Blattwinkelverstellung.
- 20 5. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
25 der Schlagsgelenkabstand größer gleich Null (≥ 0) ist.
6. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
30 der Schlagsgelenkabstand kleiner Null (< 0), also negativ ist.

7. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
5 sich das virtuelle Schwenkgelenk in einem Bereich des Blatthalses (8)
zwischen den beiden Schlag-Hilfsgelenken (H1, H2) befindet.
8. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
10 die zwei Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) gleichzeitig zwei in radialer
Längsrichtung des Rotorblatts (B1, B2, B3, B4) voneinander beabstandete
Schwenk-Hilfsgelenke bilden, zwischen denen das virtuelle Schwenkgelenk
angeordnet ist und zwischen denen der Blatthals (8; 30) bei einer
Schwenkbewegung des Rotorblatts (B1, B2, B3, B4) biegeelastisch und
bogenförmig deformierbar ist.
- 15 9. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Schwenkgelenk schwenksteif ausgebildet ist.
- 20 10. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eines der Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) ein Drehgelenk (18)
aufweist.
- 25 11. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eines der Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) durch einen
biegeweichen, biegeelastischen Abschnitt (12, 14, 14a, 14b) des
Blatthalses (8) gebildet ist.
- 30

12. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eines der Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) durch eine den
5 Blatthals (8) im Bereich des Schlag-Hilfsgelenks (H1, H2) abstützenden
Stützeinrichtung gebildet ist.
13. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
10 die mindestens zwei Rotorblätter (B1, B2, B3, B4; B5) über gemeinsame
Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) verfügen, die in einem gemeinsamen
Blatthalsverbindungsbereich (16, 18) liegen.
14. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche, mit
15 mindestens zwei Rotorblättern (B1, B3; B2, B4), die sich bezogen auf den
Rotorkreis jeweils um ca. 180° versetzt gegenüber liegen und ein
Rotorblattpaar (B1, B3; B2, B4) bilden,
dadurch gekennzeichnet, dass
das jeweilige Rotorblattpaar (B1, B3; B2, B4) über zwei gemeinsame
20 Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) und ein gemeinsames virtuelles Schlag-
Gelenk verfügt.
15. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
25 - der die zwei Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) sowie das dazwischen
liegende virtuelle Schlaggelenk enthaltende Blattanschlussbereich
des Blatthalses eines jeweiligen Rotorblatts (B1, B2, B3, B4) in Form
eines einzelnen Blattanschlussarms (30) ausgebildet ist,
- sich der einzelne Blattanschlussarm (30) eines jeweiligen
30 Rotorblattes (B1, B2, B3, B4) seitlich neben der Rotorachse (A) her
und an dieser vorbei erstreckt und mit einem Zwischenabschnitt (32)

GEÄNDERTES BLATT (ARTIKEL 19)

eines jeweils benachbarten, gleichartig ausgestalteten Rotorblattes (B1, B2, B3, B4) verbunden ist.

- 5 16. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der die zwei Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) sowie das dazwischen liegende virtuelle Schlaggelenk enthaltende Blattanschlussbereich des Blatthalses (8) in Form einer Blattanschlussgabel (10) mit mindestens zwei fliehkraftabtragenden Anschlussarmen (12, 14) ausgebildet ist.
- 10 17. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich bei einer Blickrichtung auf die Rotorkreisebene die Rotorachse (A) zwischen den mindestens zwei Anschlussarmen (12, 14) erstreckt.
- 15 18. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
von den mindestens zwei Anschlussarmen (12, 14, 14a, 14b) eines Rotorblatts (B1, B2, B3, B4, B5) mindestens einer ein als ein Gabelterminal (26) ausgebildetes Armende besitzt, das im Bereich eines Schlag-Hilfsgelenkes (H1, H2) angreift und mit einem Anschlussarm-Bereich eines Anschlussarms (12, 14) eines jeweils anderen Rotorblatts (B1, B2, B3, B4, B5) verbunden (18) ist.
- 20 19. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens ein Anschlussarm (14) in mindestens zwei übereinanderliegende Anschlussarmstränge (14a, 14b) unterteilt ist.
- 25

20. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Rotorblätter (B1, B2, B3, B4, B5) über ihre Blattanschlussgabeln (10)
5 miteinander verbunden sind und mindestens ein Teilbereich (12, 14; 14a, 14b) der Blattanschlussgabel (10) des jeweils einen Rotorblattes (B1, B2, B3, B4, B5) Fliehkräfte des jeweils anderen Rotorblattes (B1, B2, B3, B4, B5) aufnimmt.
- 10 21. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich die Anschlussarme (12, 14) der über ihre Blattanschlussgabeln (10) miteinander verbunden Rotorblätter (B1, B2, B3, B4, B5) zumindest in Teilbereichen überlappen (16).
- 15 22. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich die mindestens zwei Anschlussarme (12, 14) eines Rotorblattes (B1, B2, B3, B4, B5) in verschiedenen Ebenen erstrecken.
- 20 23. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Anschlussarme (12, 14; 14a, 14b) streifen- oder plattenförmig ausgebildet sind.
- 25 24. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das mindestens eine Rotorblatt (B1, B2, B3, B4, B5) im Bereich der beiden Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) über ein Drehmomentenübertragungselement
30 (4; 18) drehfest mit einem Rotormast (6) verbunden ist.

GEÄNDERTES BLATT (ARTIKEL 19)

25. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Drehmomentenübertragungselement (18) an einem Abschnitt (16) an
den Rotorblättern (B1, B2, B3, B4, B5) angreift, an dem sich die
Anschlussarme (12, 14) überlappen (16) und in dem mindestens eines der
Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) liegt.
26. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Drehmomentenübertragungselement (4) in Schlagrichtung des
mindestens einen Rotorblattes (B1, B2, B3, B4, B5) biegeweich ist.
27. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Rotorblatt (B1, B2, B3, B4, B5) in dem Blattanschlussbereich (12, 14;
16; 30) mindestens zwei in Längsrichtung bzw. Fliehkraftrichtung
voneinander beabstandete Fliehkraftabtragungselemente (18) aufweist, von
denen mindestens eines (18) im laufenden Betrieb des Rotors die am
Rotorblatt (B1, B2, B3, B4, B5) auftretenden Fliehkräfte aufnimmt.
28. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eines der beiden in Längsrichtung des Rotorblattes (B1, B2,
B3, B4, B5) voneinander beabstandeten Schlag-Hilfsgelenke (H1, H2) oder
Teile (18) davon als ein Fliehkraftabtragungselement ausgestaltet ist.

29. Rotor nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Rotorblätter (B1, B2, B3, B4, B5) im Bereich Ihrer Schlag-Hilfsgelenke
(H1, H2) miteinander verbunden sind und mindestens jeweils ein Schlag-
Hilfsgelenk (H1, H2), oder ein Teil (18) davon, eines jeweiligen Rotorblattes
(B1, B2, B3, B4, B5) als ein Fliehkraftabtragungselement für mindestens
ein jeweils anderes Rotorblatt (B1, B2, B3, B4, B5) ausgebildet ist.
30. Drehflügelflugzeug, insbesondere ein Hubschrauber, insbesondere ein
Kipprotorhubschrauber, mit mindestens einem Rotor nach einem oder
mehreren der Ansprüche 1 bis 29.

**Erklärung nach Artikel 19(1)
und Regel 46.4 PCT**

Zu den gemäß Artikel 19 PCT geänderten Patentansprüchen:

1. Allgemeines

Die geänderten Ansprüche tragen dem im Internationalen Recherchenbericht zitierten Stand der Technik

D1 (EP 0 521 792 A),
D2 (US 3 874 815 A) und
D3 (US 4 093 400 A)

Rechnung.

2. Neuheit

Der geänderte Hauptanspruch 1 ist neu gegenüber den o.g. Druckschriften D1 bis D3.

Der geänderte Anspruch 1 stellt, wie in der beigefügten Konkordanztafel dargelegt ist, insbesondere eine Kombination aus den ursprünglichen Ansprüchen 1 und 24 sowie wesentlichen Teilmerkmalen der ursprünglichen Ansprüche 16 und 17 dar.

Da die Internationale Recherchenbehörde (ISA) in ihrem schriftlichen Bescheid die Neuheit des Anmeldungsgegenstandes auf Grundlage einer derartigen Änderung der Ansprüche ersichtlich nicht in Abrede stellt (vgl. Anmerkungen der ISA insb. zu den ursprünglichen Ansprüchen 16 und 24), erübrigen sich weitere Darlegungen zu diesem Aspekt. Der Vollständigkeit halber wird jedoch auf folgendes hingewiesen:

- 2.1. Die D1 offenbart keinen Rotor, bei dem die zwei Schlag-Hilfsgelenke sowie das dazwischenliegende virtuelle Schlaggelenk enthaltende Blattanschlussbereich des Blatthalses in Form eines Blattanschlussarms ausgebildet ist. Bei der D1 sind die zwei Schlag-Hilfsgelenke 5 vielmehr als sphärische Lager 5 bzw. gummielastische Anschläge ausgebildet.

Darüber hinaus ist festzustellen, dass bei der D1 die Rotorblätter zwar über Anschlussarme 4 miteinander verbunden sind und sich die

Blattanschlussarme zumindest bei Draufsicht des Rotors (vgl. D1, Fig. 1) in Teilbereichen überlappen, jedoch liegt ein jeweiliges Schlag-Hilfsgelenk 5 nicht in dem Überlappungsbereich der Anschlussarme 4.

Der Gegenstand des geänderten Anspruchs 1 ist folglich neu gegenüber der D1.

- 2.2. Bei dem Rotor der D2 ist der die Schlag-Hilfsgelenke sowie das dazwischenliegende virtuelle Schlaggelenk enthaltende Blattanschlussbereich von jeweils zwei gegenüberliegenden Rotorblättern in der Form eines diesen zwei Rotorblättern gemeinsamen, durchgehenden Blattanschlussarms 10 ausgebildet. Die Rotorblätter sind über diesen gemeinsamen Blattanschlussarm 10 auch miteinander verbunden. Zumindest in der perspektivischen Seitenansicht nach Fig. 6, die einen vierblättrigen Rotor mit zwei Rotorblattpaaren zeigt, überlappen sich die Blattanschlussarme der vier Rotorblätter auch in zumindest einem Teilbereich.

Aus der D2 geht jedoch nicht hervor, dass *jedes* Rotorblatt über einen *individuellen* Blattanschlussarm verfügt (Anm.: dieses Merkmal ergibt sich aus dem Kontext des erfindungsgemäßen Anspruchs 1) und ein jeweiliges Schlag-Hilfsgelenk in dem Überlappungsbereich der Anschlussarme liegt. Vielmehr sind bei der D2 spezielle flanschartige Bereiche 26 mit Elastomerunterlagen 30 bzw. mit spezielle Biegeelemente 40 und 42 zur Bildung der Schlag-Hilfsgelenken vorgesehen.

Der Gegenstand des geänderten Anspruchs 1 ist folglich neu gegenüber der D2.

- 2.3. Die D3 offenbart eine mit der D2 vergleichbare Rotorkonstruktion, wobei die Elastomerunterlagen oder mit diesen vergleichbare Elemente zum Teil jedoch noch sphärisch ausgebildet sind. Auch der D3 ist nicht zu entnehmen, dass *jedes* Rotorblatt über einen *individuellen* Blattanschlussarm verfügt und ein jeweiliges Schlag-Hilfsgelenk in einem Überlappungsbereich der Anschlussarme liegt.

Der Gegenstand des geänderten Anspruchs 1 ist folglich neu gegenüber der D3.

3. Erfinderische Tätigkeit

Der Gegenstand des geänderten Anspruchs 1 beruht in Anbetracht der D1 bis D3 auch auf erfinderischer Tätigkeit.

Da die Internationale Recherchenbehörde (ISA) in ihrem schriftlichen Bescheid die erfinderische Tätigkeit eines im Sinne des geänderten Anspruchs 1 angepassten Schutzrechtsbegehrens nicht in Abrede stellt (vgl. Anmerkungen der ISA insb. zu den ursprünglichen Ansprüchen 16 und 24), erübrigen sich weitere Darlegungen zu diesem Aspekt. Der Vollständigkeit halber wird jedoch auf folgendes hingewiesen:

- 3.1 Wie unter Punkt 2.ff. erläutert, offenbaren die D1 bis D3 jeweils spezielle Konstruktionen, welche von der erfindungsgemäßen Lösung erheblich differieren. Der Fachmann hätte also keine Veranlassung gehabt, von diesen Sonderlösung abzuweichen, da er damit hätte rechnen müssen, dass sich dann das erzielbare technische Ergebnis verschlechtert. Auch geben die D1 bis D3 keinen Hinweis und keine Anregung, einen anderen als den jeweils vorgeschlagenen Lösungsweg zu beschreiten. Darüber hinaus fehlen den Druckschriften D1 bis D3 wesentliche Merkmale der Erfindung, so dass selbst eine Zusammenschau der D1 bis D3 unmöglich in naheliegender Weise zu der erfindungsgemäßen Lösung führen kann.

- 3.2 Zudem bietet die erfindungsgemäße Lösung nicht unerhebliche Vorteile.

Denn auf Grund der sich in Teilbereichen überlappenden Blattanschlussarme in Kombination mit den sich in den Überlappungsbereichen befindenden jeweiligen Schlag-Hilfsgelenken gestattet sie es, den Rotorkopf besonders flach und kompakt auszugestalten, wobei die Blattanschlussarme der einzelnen Rotorblätter an ihren überlappenden Teilbereichen aneinander befestigt werden können. Hierbei können die Blattanschlussarme sogar aufeinander liegend geschichtet werden (vgl. z.B. Fig. 1). Gleichzeitig kann die Befestigungsstelle an dem Überlappungsbereich als Schlag-Hilfsgelenk fungieren. Spezielle Zusatzelemente zur Ausbildung der Schlag-Hilfsgelenke sowie zusätzliche Befestigungsanordnungen sind daher nicht erforderlich. In bestimmten Ausführungsformen der Erfindung, wie zum Beispiel in der Variante nach Fig. 1, kann am Überlappungsbereich auch eine Anbindung des Rotorsterns und damit eine Drehmomenteinleitung realisiert werden. Der überlappende Teilbereich und seine spezielle Ausgestaltung als Schlag-Hilfsgelenk bietet somit eine vorteilhafte Vielfachfunktion.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass sich mit der erfindungsgemäßen Überlappung der Teilbereiche der Blattanschlussarme in Kombination mit deren Ausbildung als Schlag-Hilfsgelenke nicht nur Rotoren mit einer geraden, sondern auch mit einer ungeraden Blattanzahl realisieren lassen (vgl. zum Beispiel die Variante nach Fig. 5). Dies ist bei keiner der vorbekannten Ausführungsformen nach D1 bis D3 möglich, da sich dort die Rotorblätter immer um 180 Grad versetzt exakt gegenüber liegen müssen, was zwingend eine *gerade* Anzahl von Rotorblättern voraussetzt (vgl. z.B. D1, Spalte 15,

Zeile 42; D2, Spalte 4, Zeile 34; D3, Spalte 1, Zeile 7). Bei der erfindungsgemäßen Lösung hingegen kann über die Verbindung der Rotorblattanschlussarme an den überlappenden Teilbereichen sowie wegen der Ausbildung der Schlag-Hilfsgelenke in genau diesen Überlappungsbereichen auch eine zuverlässige Verbindung, Fliehkraftabtragung, Schlag-Hilfsgelenkausbildung und Drehmomenteinleitung bei einer ungeraden Rotorblattzahl ausgeführt werden.

Und schließlich ist der erfindungsgemäße Rotor mit seinen besonderen Rotorblättern und Blattanschlussarmen auch als Hauptrotor mit großem Durchmesser ausgestaltbar. Dies ist bei der D2 und D3 nicht möglich, da infolge des jeweils zwei Rotorblättern gemeinsamen, durchgehenden Blattanschlussarms nur kleine Rotordurchmesser zu verwirklichen sind. Die Lösung nach D2 und D3 wird deshalb z.B. nur für Heckrotoren verwendet (vgl. z.B. D2, Spalte 4, Zeile 10).

3.3 Die erfinderische Tätigkeit ist somit zu bejahen.

4. Anpassung der Beschreibung / Würdigung des Standes der Technik

Da eine Änderung der Beschreibung im derzeitigen Verfahrensstadium nicht möglich ist, darf die Anpassung der Beschreibung an den geänderten Anspruchssatz sowie die Würdigung der D1 bis D3 bis zum internationalen vorläufigen Prüfungsverfahren zurückgestellt werden.

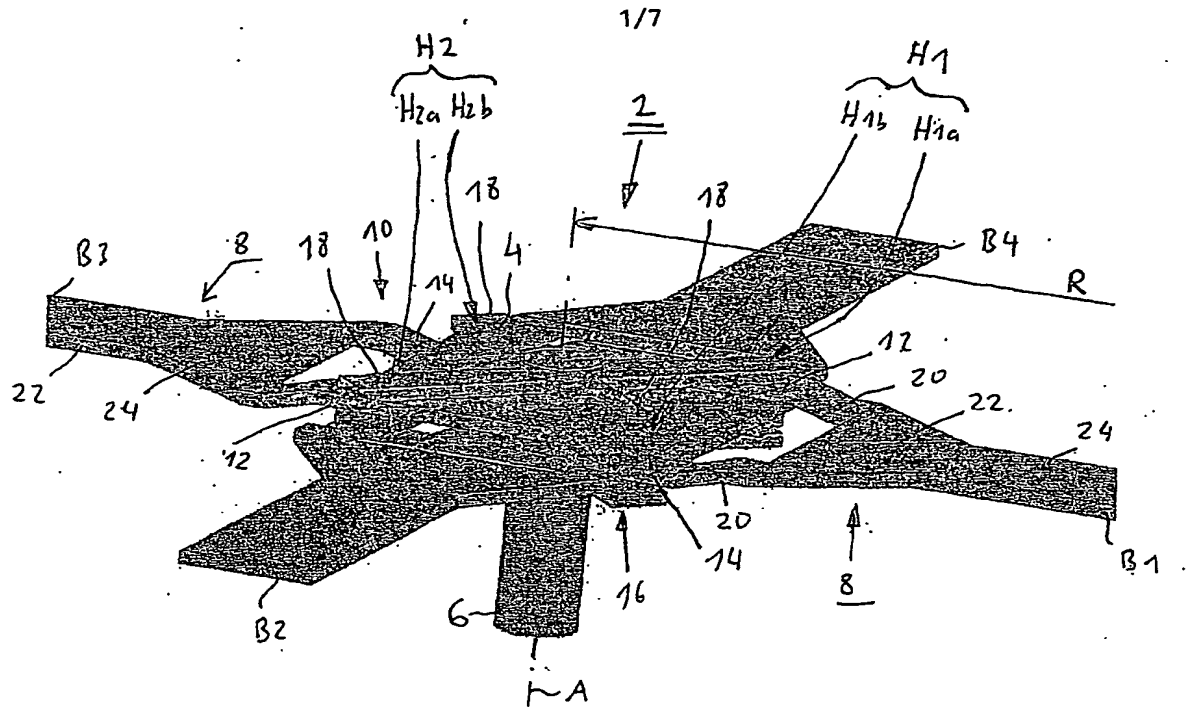


Fig. 1

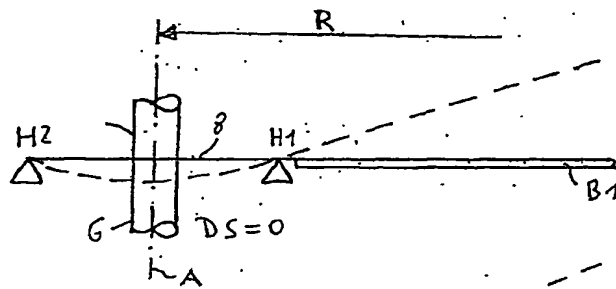
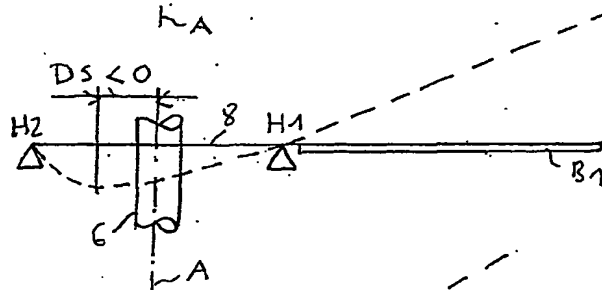


Fig. 2



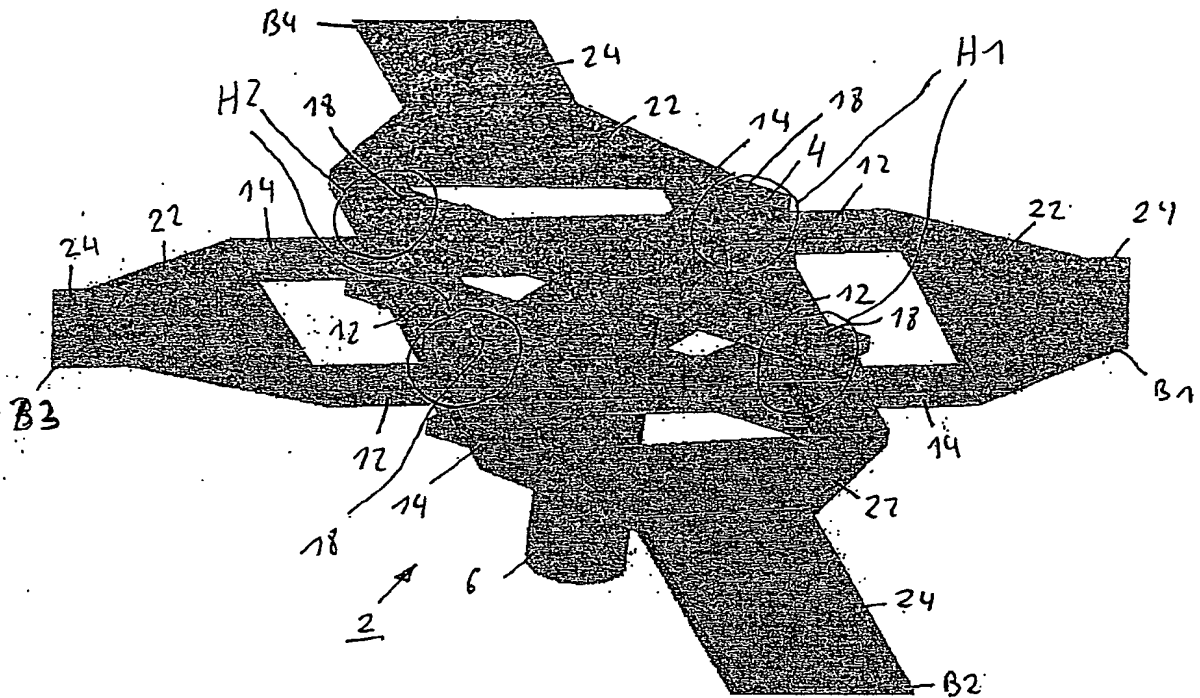


Fig. 3

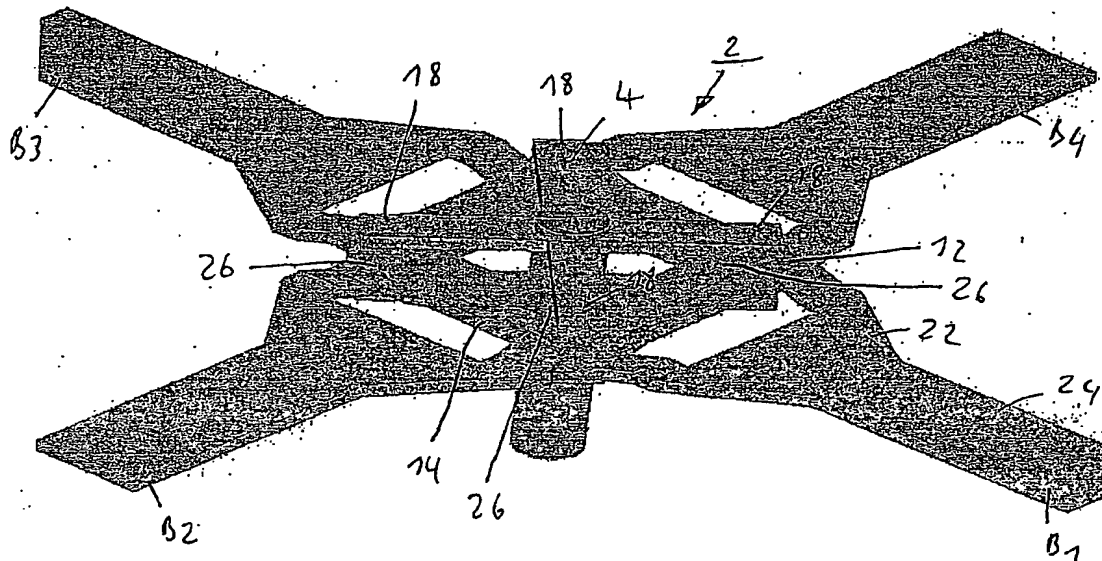


Fig. 4

3/7

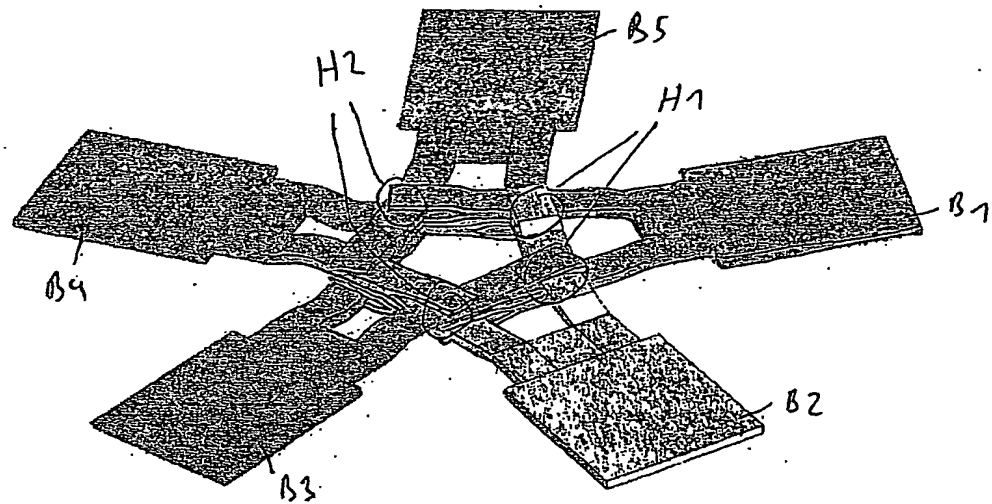


Fig. 5

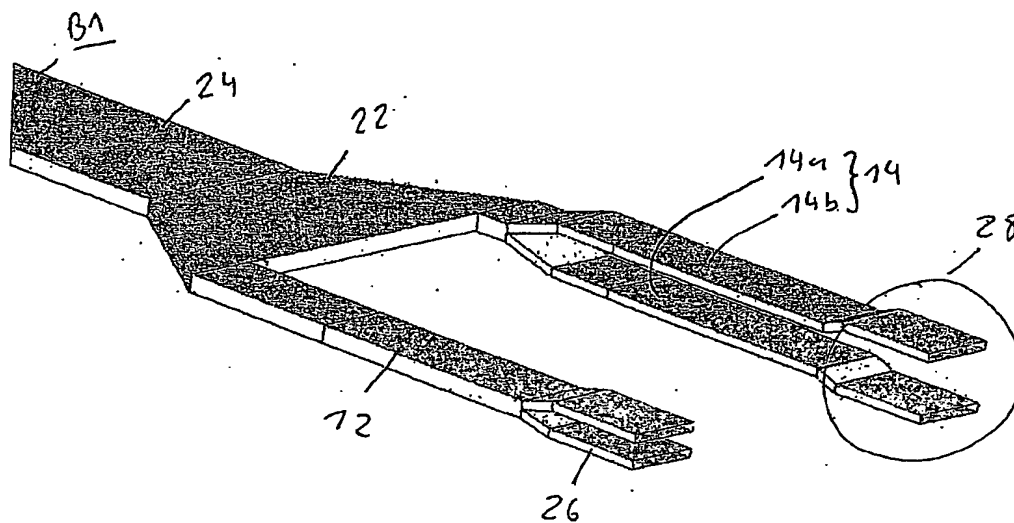


Fig. 6

4/7

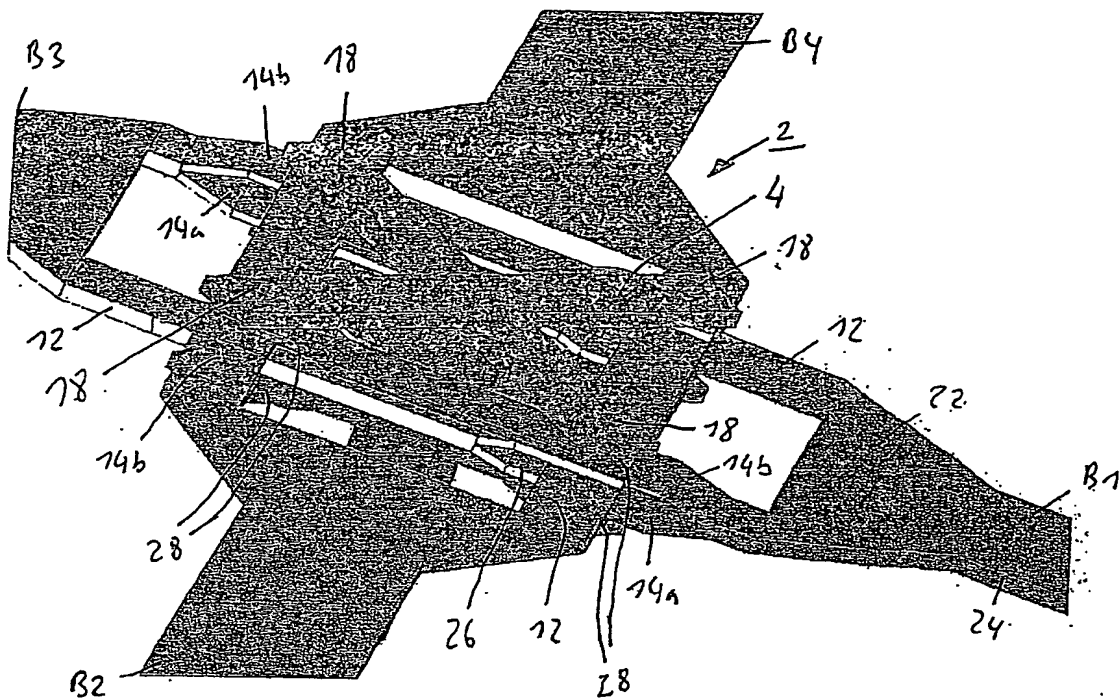


Fig. 7

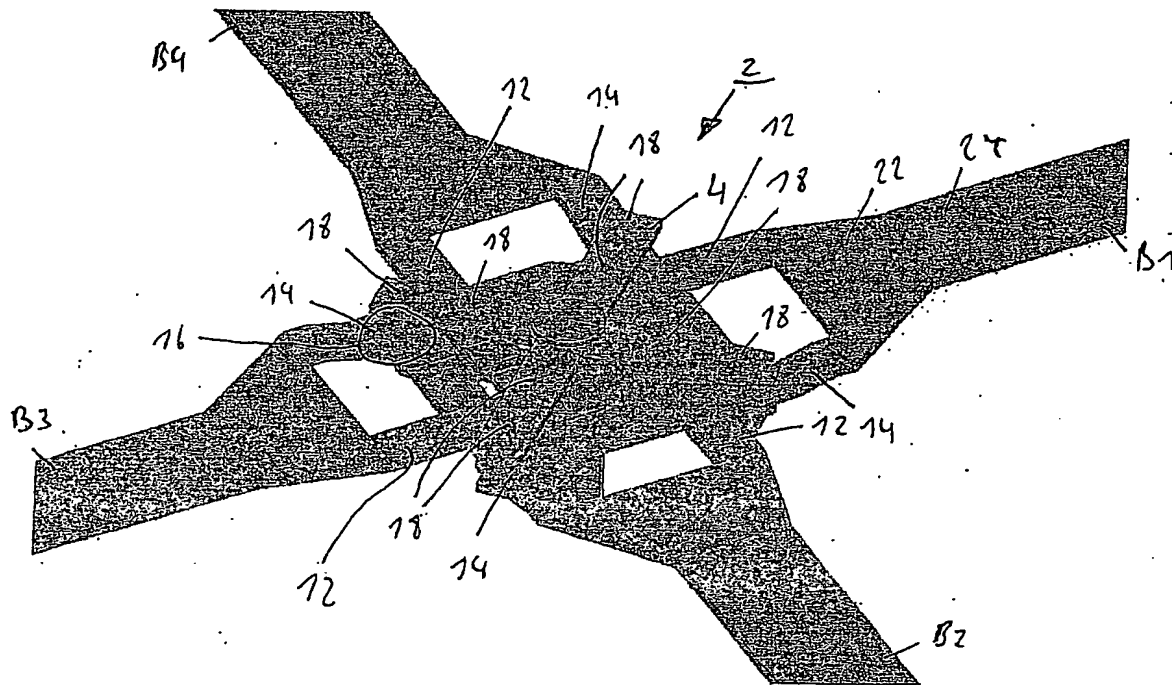


Fig. 8

5/7

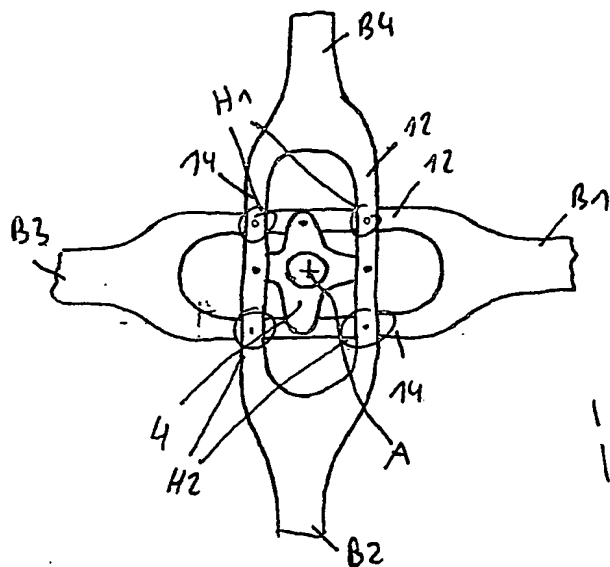


Fig. 9

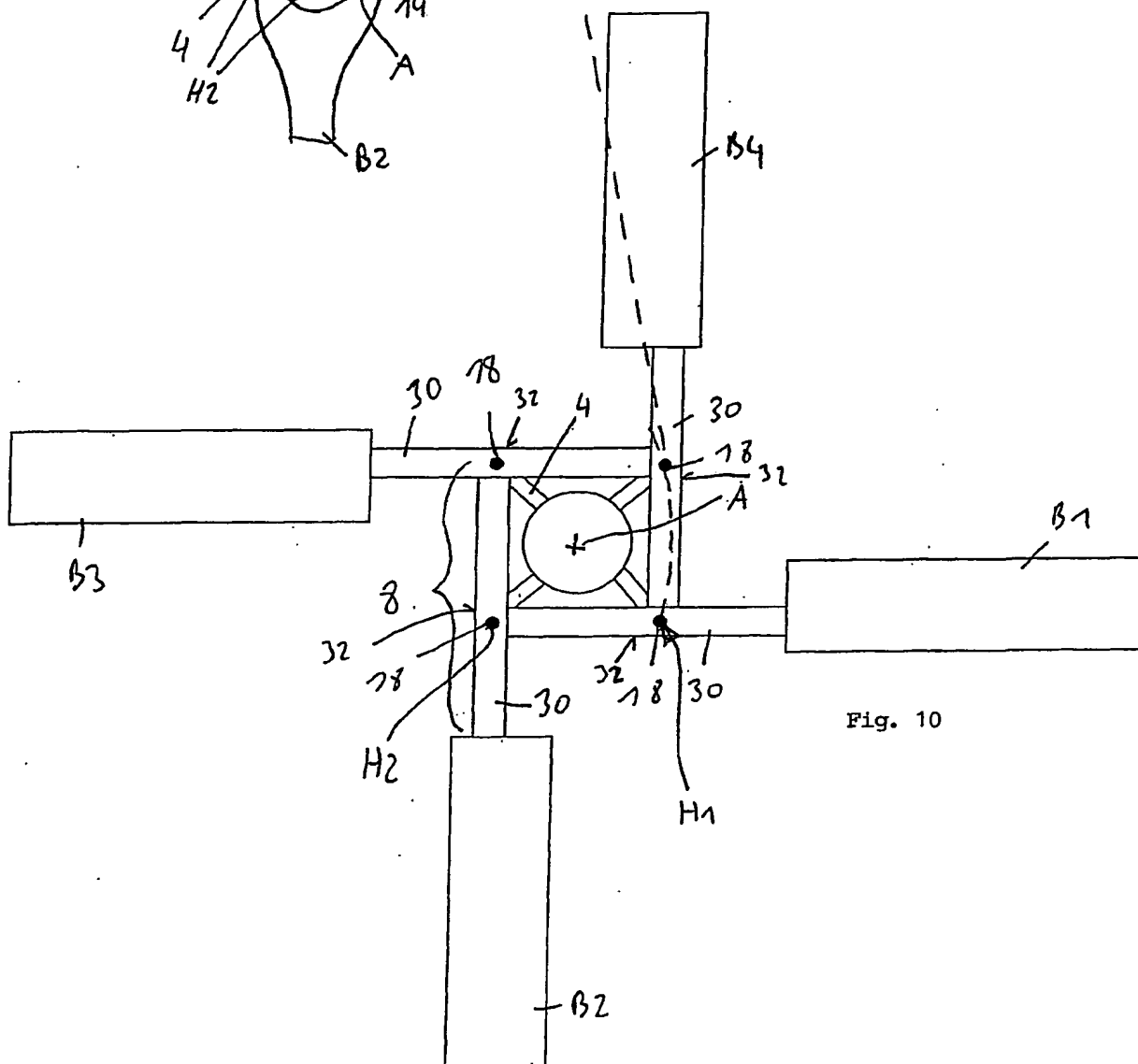


Fig. 10

6/7

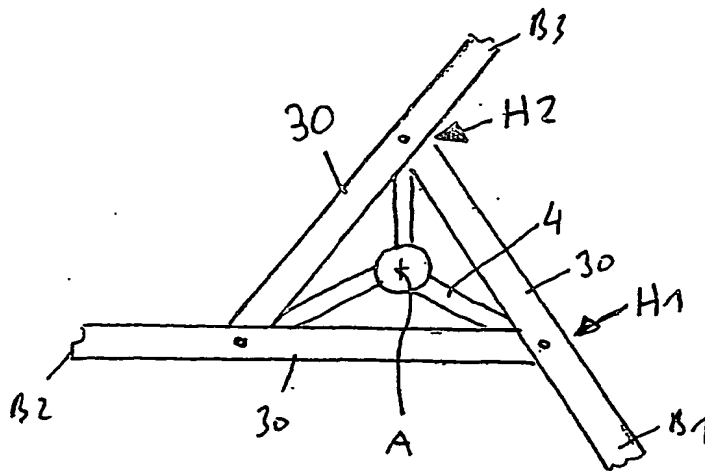


Fig. 11

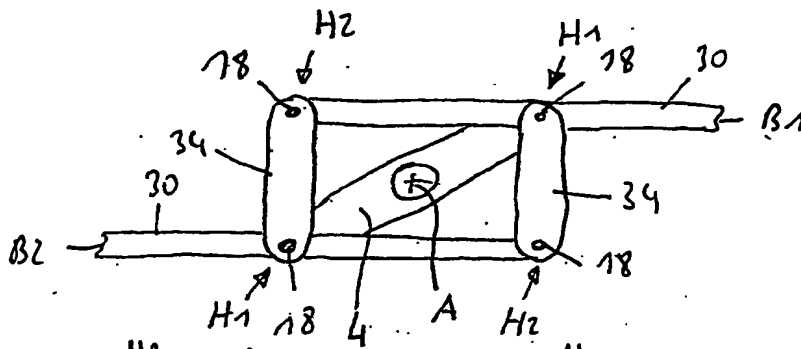


Fig. 12

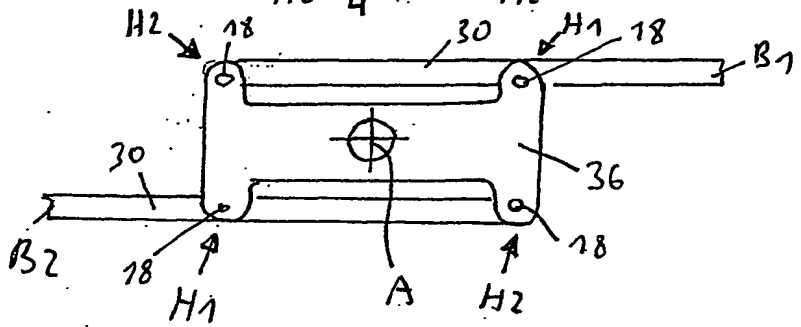


Fig. 13

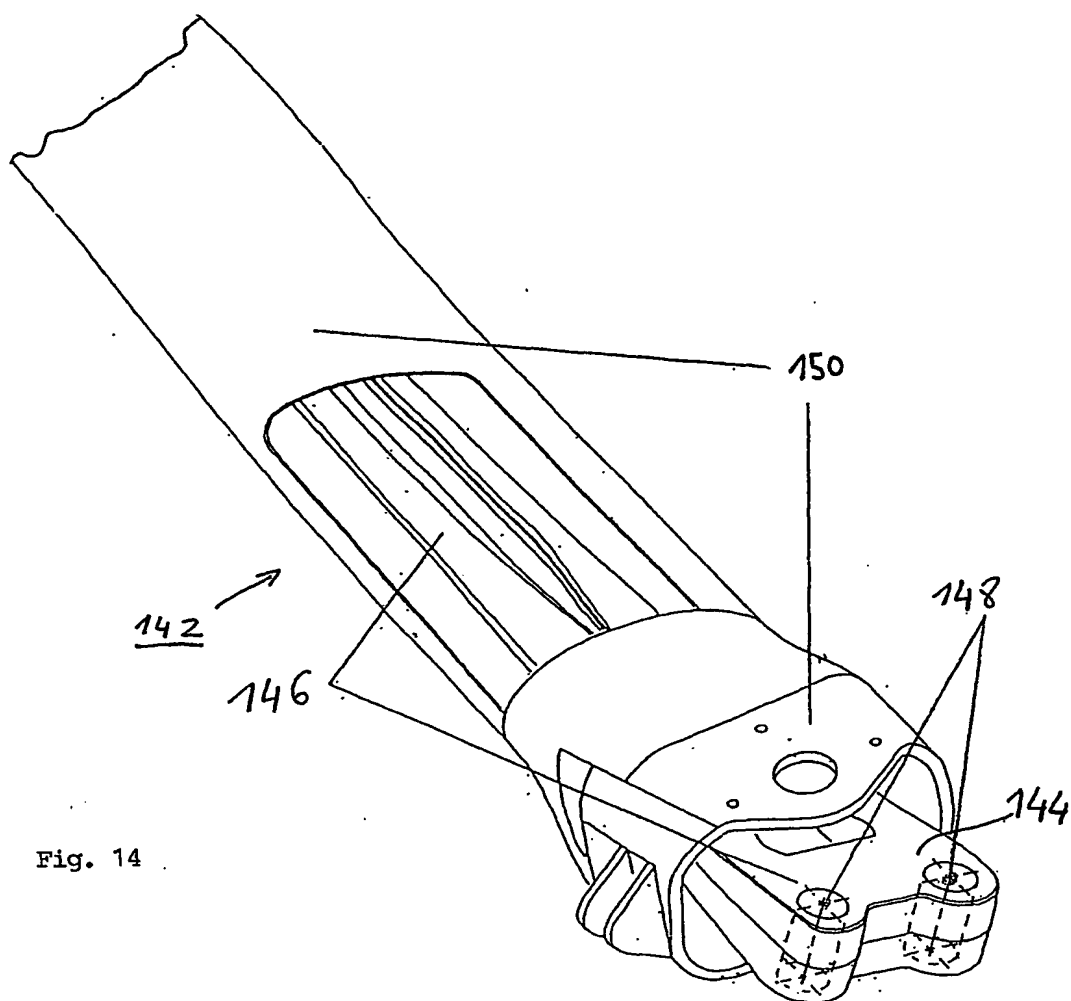


Fig. 14

STAND DER TECHNIK

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/EP2004/003643

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B64C27/33		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B64C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 521 792 A (AEROSPATIALE) 7 January 1993 (1993-01-07) column 1, line 10-30 column 9, line 16 -column 10, line 42 column 12, line 13-46 column 13, line 5-31 column 15, line 44 -column 16, line 4 column 18, line 28 -column 19, line 21 figures 1-3,9,11-16 ---	1-15, 17-19, 22,26, 27,30-33
X	US 3 874 815 A (BASKIN JOSEPH M) 1 April 1975 (1975-04-01) column 1, line 14-19 column 2, line 21 -column 3, line 37 figures 1-4 --- -/--	1-6, 11-15, 27,30-33
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>*G* document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search <div style="text-align: center;">15 June 2004</div>		Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center;">02/07/2004</div>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer <div style="text-align: center;">Weber, C</div>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/003643

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>US 4 093 400 A (RYBICKI ROBERT CHARLES) 6 June 1978 (1978-06-06) column 1, line 6-33 column 3, line 54 -column 4, line 33 column 5, line 1-23 column 5, line 60 -column 6, line 30 figures 1-3, 5A, 7A</p>	<p>1-15, 27, 30-33</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/003643

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0521792	A	07-01-1993	FR 2678579 A1	08-01-1993
			DE 69204585 D1	12-10-1995
			DE 69204585 T2	28-03-1996
			EP 0521792 A1	07-01-1993
			US 5474424 A	12-12-1995
US 3874815	A	01-04-1975	CA 995199 A1	17-08-1976
			DE 2452535 A1	17-07-1975
			FR 2251474 A1	13-06-1975
			GB 1476462 A	16-06-1977
			IT 1023238 B	10-05-1978
			JP 50082797 A	04-07-1975
US 4093400	A	06-06-1978	AU 508596 B2	27-03-1980
			AU 3116777 A	07-06-1979
			BE 861600 A1	31-03-1978
			CA 1073885 A1	18-03-1980
			DE 2755557 A1	06-07-1978
			FR 2374211 A1	13-07-1978
			GB 1553148 A	19-09-1979
			IL 53522 A	31-07-1983
			IT 1088384 B	10-06-1985
			JP 53075699 A	05-07-1978

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/003643

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 B64C27/33		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole) IPK 7 B64C		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
X	EP 0 521 792 A (AEROSPATIALE) 7. Januar 1993 (1993-01-07) Spalte 1, Zeile 10-30 Spalte 9, Zeile 16 -Spalte 10, Zeile 42 Spalte 12, Zeile 13-46 Spalte 13, Zeile 5-31 Spalte 15, Zeile 44 -Spalte 16, Zeile 4 Spalte 18, Zeile 28 -Spalte 19, Zeile 21 Abbildungen 1-3,9,11-16	1-15, 17-19, 22, 26, 27, 30-33
X	US 3 874 815 A (BASKIN JOSEPH M) 1. April 1975 (1975-04-01) Spalte 1, Zeile 14-19 Spalte 2, Zeile 21 -Spalte 3, Zeile 37 Abbildungen 1-4	1-6, 11-15, 27, 30-33
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie	
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts	
15. Juni 2004	02/07/2004	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Weber, C	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/003643

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>US 4 093 400 A (RYBICKI ROBERT CHARLES) 6. Juni 1978 (1978-06-06) Spalte 1, Zeile 6-33 Spalte 3, Zeile 54 -Spalte 4, Zeile 33 Spalte 5, Zeile 1-23 Spalte 5, Zeile 60 -Spalte 6, Zeile 30 Abbildungen 1-3, 5A, 7A -----</p>	<p>1-15, 27, 30-33</p>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003643

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0521792	A	07-01-1993	FR 2678579 A1	08-01-1993
			DE 69204585 D1	12-10-1995
			DE 69204585 T2	28-03-1996
			EP 0521792 A1	07-01-1993
			US 5474424 A	12-12-1995
US 3874815	A	01-04-1975	CA 995199 A1	17-08-1976
			DE 2452535 A1	17-07-1975
			FR 2251474 A1	13-06-1975
			GB 1476462 A	16-06-1977
			IT 1023238 B	10-05-1978
			JP 50082797 A	04-07-1975
US 4093400	A	06-06-1978	AU 508596 B2	27-03-1980
			AU 3116777 A	07-06-1979
			BE 861600 A1	31-03-1978
			CA 1073885 A1	18-03-1980
			DE 2755557 A1	06-07-1978
			FR 2374211 A1	13-07-1978
			GB 1553148 A	19-09-1979
			IL 53522 A	31-07-1983
			IT 1088384 B	10-06-1985
			JP 53075699 A	05-07-1978